

NOSITEL  
VYZNAMENÁNÍ  
ZA BRANNOU  
VÝCHOVU  
I. A II. STUPNĚ



**ŘADA PRO KONSTRUKTÉRY**

**ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ**  
**ROČNÍK XXXV/1986 ● ● Číslo 3**

**V TOMTO SEŠITĚ**

Nově a lépe i v RVHP ..... 81

**INTEGROVANÉ OBVODY ZEMÍ  
RVHP IV**

Integrované obvody pro sítové  
zdroje a stabilizátory

IO pro varikápy, UL1520L	82
Řídící obvod pro spínaci zdroje, UL1540N	83
Stabilizátor napětí 33 V, UL1550L, ULA1550L	84
Stabilizátor napětí 33 V, TAA550	84
Stabilizátor napětí 33 V, 1PH01B	85
Diodové maticy a stabilizátory napětí řady K142	85
Stabilizátory napětí K142EH1, EH2	86
Stabilizátory napětí +5 a +12 V, UL7505L, 7512L	87
Stabilizátory napětí +5 a +15 V, 1PH7805CP, 15CP	91
Stabilizátory napětí -5 a -15 V, 1PH7905CP, 15CP	92
Přesný stabilizátor napětí, UL7523N	93
Přesné stabilizátory napěti řady 1PH723	94

Nízkofrekvenční zesilovače

Ní zesilováč UL1495N, UL1496K až 1498K, UL1496R až 1498R	95
Ní zesilováč ULA6481P, 6481T	96
Ní zesilováč TBA790, 790K, 790T	97
Ní zesilováč řady TBA810	98
Ní zesilováč TCA150T	100
Ní zesilováč A2030H, 2030V	101

IO s několika funkcemi

Záznamový a snímací IO, A202D	106
Rozdílový zesilováč A733PC	112
Stabilizátor rychlosti čítání motorků, UL1901M, UL1901KI, UL1901KII	113

Srovnávací tabulka  
integrovaných  
obvodů

.....	117
-------	-----

# NOVĚ A LÉPE I V RVHP

Strategie urychlení vědeckotechnického pokroku vyžaduje kromě jiného rozvíjet vědeckotechnický potenciál a koncentrovat jej na rozhodující směry a úkoly. Protože je každém jasné, že malé země, jako je naše, nemohou v žádném případě pokrýt všechny potřeby vědeckotechnického pokroku vlastními silami, je nezbytnost mezinárodní spolupráce. Jak ukázalo jednání XVII. sjezdu KSČ, je nutné prohloubit vědeckotechnickou spolupráci a integraci se zeměmi socialistického společenstva a zejména se Sovětským svazem, aktivně se účastnit uskutečňování Komplexního programu vědeckotechnického pokroku členských zemí RVHP do roku 2000, dvoustranných programů dlouhodobé hospodářské a vědeckotechnické spolupráce, především se Sovětským svazem.

Nové úkoly Rady vzájemné hospodářské pomoci jsou nastínili generální tajemník ÚV KSSS Michail Gorbačov ve svém vystoupení na XI. sjezdu SED v Berlíně: „Myslím, že všichni pocítujeme, že socialistické země vstupují nyní do období, kdy se spolupráce mezi nimi musí posvetdouvat na vyšší úroveň. A to nikoli o jeden nebo dva díly na stupnici, nýbrž, jak říkají matematici, řádově.“

Za čtyři poválečná desetiletí uskutečnily bratrské země, které šly neproklesťennými cestami, hluboké sociálně ekonomické přeměny. V těchto zemích byl vybudován moderní průmysl, vyrostly kádry, vytvořila a upevnila se socialistická státnost, komunistické a dělnické strany, vyspěly a získaly zkušenosť z řízení společnosti. Upevnily se mezinárodní pozice socialistických zemí.

To vše rozšiřuje možnosti internacionální spolupráce socialistických zemí a umožňuje přistupovat nově k otázkám rozvoje jejich vzájemných vztahů. Jak prozírává konstatoval B. Engels, internacionální svazek může existovat jenom mezi národy, jejichž existence, autonomie a nezávislost v vnitřních záležitostech je proto zahrnuta už v samém pojmu internacionalismus.

Domináváme se, že zvláštní pozornost je nutno věnovat hospodářským vztahům. V předešlých letech zde byly položeny spolehlivé a pevné základy. Nemalé zkušenosť z integrační práce byly získány v Radě vzájemné hospodářské pomoci. Dnes by se však otázka měla formulovat takto: odpovídají úroveň a formy spolupráce novým úkolem, které my všichni máme v nynější etapě? Využívá se všechny možnosti součinnosti bratrských zemí k urychlení našeho rozvoje a k zajištění ekonomické nezranitelnosti před kapitalistickým trhem? Domináváme se, že budete souhlasit že se těchto možností nevyužívá a že naším společným zájmem je tuto situaci napravit.

Nejdůležitější úkol nynější etapy hospodářské spolupráce již určilo vedení bratrských stran, a států. Je to vědeckotechnický pokrok a výrobní kooperace, především ve strojírenství. Komplexní program vědeckotechnického pokroku členských zemí RVHP do roku 2000 je kvalitní dokument, který sleduje dosažení nejvyšších cílů podle světových měřítek, k jeho realizaci však bude zapotřebí obrovského úsilí.

Hlavní je široký rozvoj přímých styků mezi vědeckými organizacemi, podniky a sdruženími, vytvoření společných firem a řešení řady právních a finančních pro-

blémů. V podstatě jde o nový hospodářský mechanismus naší spolupráce. Zde bude nutno odvážně experimentovat, překonávat byrokratické a resortní bariéry, zastaralé stereotypy myšlení a podceňování důležitosti a efektivnosti spolupráce některými hospodářskými pracovníky. To vše pochopitelně se závaznou podmínkou vzájemné výhodnosti a respektování zájmů všech jejich účastníků. Významné zdokonalení vyžaduje i práce RVHP. Bylo by třeba osvobodit tuto organizaci od operativních funkcí, které jí nepřísluší, a soustředit její pozornost na důležité, strategické problémy ekonomické integrace a na mezinárodní regulování tohoto procesu.

Nejsou to ovšem jednoduché otázky. Ale je nutné a možné je vyřešit, protože to odpovídá naléhavým zájmům každé bratrské země a nás všech společně. Zde je nezbytná politická vůle. Takovou vůli, jak o tom svědčí poslední setkání a rozhovory vedoucích představitelů zemí socialistického společenství, všichni máme.“

Zcela v intencích uvedených faktů a požadavků probíhala i jednání předsedy rady ministrů Polské lidové republiky Zbigniewa Messnera v dubnu v Československu. Úspěšně byly dokončeny práce spojené s koordinací plánů obou zemí do roku 1990, byla uzavřena dlouhodobá obchodní dohoda mezi oběma zeměmi a předběžně se hovořilo i o Dlouhodobém programu hospodářské a vědeckotechnické spolupráce mezi ČSSR a PLR, který má platit do roku 2000. Pokud jde o elektroniku, bude v nejbližší době podepsána dohoda o spolupráci v oblasti elektroniky; připravuje se podepsání dohod o spolupráci v oblasti komplexní automatizace a robotizace výrobních procesů. Byl podepsán i plán vědeckotechnické spolupráce mezi oběma zeměmi na léta 1986 až 1990, v jehož rámci budou uskutečněny práce na společném řešení vědeckotechnických problémů v oblastech rozhodujících z hlediska dalšího ekonomického rozvoje jako je např. energetika, zejména Jaderná, jakož i racionalizace využití paliv a energie, biotechnologie, elektronizace, automatizace a robotizace výrobních procesů a ochrana životního prostředí. Ve vybraných oblastech bude tato spolupráce realizována v plném vývojovém cyklu. Zajímavá a nová je i ta pasáž dohody, která zdůrazňuje potřebu zavádět nové organizační formy v oblasti vědeckotechnické spolupráce, zahrnující vytváření společných výzkumných týmů, laboratoří, konstrukčních kanceláří a jiných pracovišť, a též rozšíření rozsahu přímé spolupráce sdružení, průmyslových podniků a závodů a vědeckovýzkumných pracovišť.

Nezbytnost nového přístupu k mezinárodní spolupráci zemí RVHP vyplývá na konec i z obsahu tohoto čísla AR řady B – jistě neudge pozornosti čtenářů, že prakticky shodné integrované obvody se vyrábějí vždy nejméně ve třech zemích RVHP. To v praxi znamená, že se výrobní kapacity (a nejen výrobní kapacity) nejrůzně ve třech zemích vyčerpávají na zcela shodné výrobky (např. integrované nf zesilováče, stabilizátory pro ladící napětí pro tunery apod.), zatímco jsou samozřejmě velmi potřebné i výrobky, které se nevyrobějí

## AMATÉRSKÉ RÁDIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor ing. Jan Klabal, Reakční radu řídí ing. J. T. Hyun. Redaktor L. Kalousek, OKIFAC. Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7, šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vydje 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšířuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vydává PNS, ústřední expedice a dovoz tisku, závod 01, Kafkova 9, 160 00 Praha 6. Tiskárna NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 160 05 Praha 6, Vlastina ulice č. 889/23. Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má výjít podle plánu 10. 6. 1986.

© Vydavatelství NAŠE VOJSKO.

(alespoň prozatím) v žádné ze zemí RVHP. Tady by koordinace plánů výroby byla velmi žádoucí a přinesla by svoje ovoce v širším sortimentu, ve větších výrobních sériích a konečně i v menších nákladech na výzkum, vývoj a konečně i výrobu.

Pokud jde o zájmovou činnost v elektronice, bylo by přece jedno, kdyby ten či

onen výrobek byl tuzemské či zahraniční výroby – to platí jak o součástkách, tak o finálních výrobcích. Podstatný by byl širší sortiment, modernější součástky a především jejich dostatek. Bez specializace a kooperace to dnes již možné skutečně není, ani v profesionální; ani v zájmové elektronice. I v tomto směru

plně platí slova M. Gorbačova o novém hospodářském mechanismu spolupráce zemí RVHP, o překonávání byrokratických a jiných bariér. Doufajme, že realizace jím navržených nových přístupů na sebe nedá dlouho čekat.

L. K.

# INTEGROVANÉ OBVODY ZEMÍ RVHP — IV —

## Vítězslav Stříž

### INTEGROVANÉ OBVODY PRO SÍŤOVÉ ZDROJE A STABILIZÁTOŘY

#### Integrovaný obvod pro napájecí zdroje varikapů, UL1520L

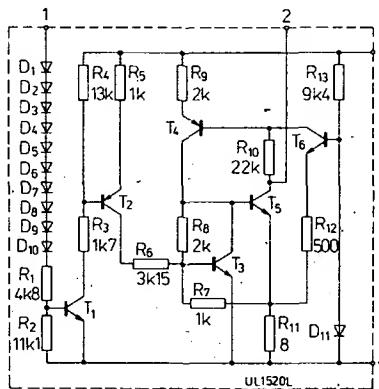
Bipolární integrovaný obvod UL1520L je monolitický obvod, který je určen pro použití v měničových zdrojích pro napájení varikapů v přenosných rozhlasových přijímačích napájených z baterií. Vnitřní elektrické zapojení obvodu je na obr. 1. Součástka je v kovovém pouzdru CE25 (obdoba TO-72) se čtyřmi drátovými vývody ve skleněné průchode. Ekviwalentním výrobkem po stránce elektrické je Intermetall TCA720, vnější provedení je však odlišné.

**Funkce jednotlivých vývodů:** 1 – vstup, 2 – výstup, 3 – napájení, 4 – zemnicí bod.

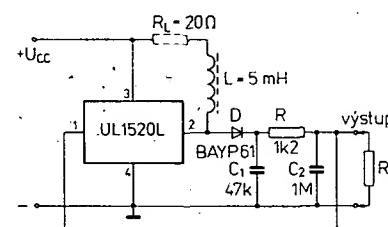
**Funkce obvodu:** Tranzistory T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> a T<sub>6</sub> spolu s cívkou připojenou k vývodům 2 a 3 tvoří obvod blokovacího generátoru, který vytváří impulsy s amplitudou značně převyšující napájecí napětí. Tranzistor T<sub>6</sub> pracuje jako proudový zdroj řídící tranzistor T<sub>4</sub>. Proud dodávaný zdrojem závisí na stavu vodivosti klíčovacího tranzistoru T<sub>5</sub>. Tranzistor T<sub>4</sub> realizuje kladnou zpětnou vazbu. Tranzistory T<sub>4</sub> a T<sub>5</sub> (p-n-p a n-p-n) jsou zapojeny do obvodu, který simuluje funkci tyristoru.

Dynamickou zátěž báze tranzistoru T<sub>5</sub> tvoří tranzistor T<sub>3</sub>, řízený regulačním obvodem výstupního napětí, který stabilizuje výstupní napětí měniče a činí je nezávislé na změnách teploty. Řídící obvod výstupního napětí měniče tvoří tranzistory T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> a diodový řetěz D<sub>1</sub> až D<sub>10</sub>. Tento diodový řetěz tvoří teplotně kompenzovaný zdroj referenčního napětí.

Na přechodech p-n diod D<sub>1</sub> až D<sub>4</sub> se záporným předpětím je napětí 6 až 7 V, které závisí jen v malé míře na jimi protékajícím proudu. Diody D<sub>5</sub> až D<sub>10</sub> mají kladné předpětí a na každém z nich je napětí 0,6 V. Teplenně jezdří referenčního napětí kompenzován sériově zapojenými diodami D<sub>1</sub> až D<sub>4</sub> (se záporným předpětím a kladným teplotním součinitelem změn průrazného napětí) a diodami D<sub>5</sub> až D<sub>10</sub> (s předpětím ve vodivém směru se záporným teplotním součinitelem změn napětí v propustném směru).



Obr. 1. Vnitřní elektrické zapojení integrovaného obvodu UL 1520L



Obr. 2. Zapojení měniče napětí s obvodem UL1520L pro napájení varikapů v rozhlasových přijímačích napájených z baterií

#### Elektrické údaje UL1520L

##### Mezní údaje

Napájecí napětí:  
Rozsah pracovních teplot okolí:  
Rozsah skladovacích teplot:

$U_{cc} = \text{max. } 20 \text{ V}$   
 $\theta_a = -25 \text{ až } +70^\circ\text{C}$   
 $\theta_{sig} = -40 \text{ až } +125^\circ\text{C}$

##### Charakteristické údaje

$(\theta_a = 25^\circ\text{C}, L = 5 \text{ mH}, R_L = 20 \Omega)$   
Výstupní napětí při  $I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
Napájecí napětí při  $I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
Změna výstupního napětí se změnou napájecího napětí  
 $U_{cc} = 4,5 - 9 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
 $U_{cc} = 9 - 18 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
Teplotní součinitel změny výstupního napětí  
 $U_{cc} = 9 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
Napájecí proud  
 $U_{cc} = 4,5 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
 $U_{cc} = 9 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
 $U_{cc} = 18 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ mA}$ :  
Pracovní kmitočet,  $U_{cc} = 9 \text{ V}$ :

$U_{oz} = 30 \text{ až } 35 \text{ V}$   
 $U_{cc} = 4,5 \text{ až } 18 \text{ V}$   
 $\Delta U_{oz}/U_{oz} = 6 \cdot 10^{-4}$   
 $\Delta U_{oz}/U_{oz} = 6 \cdot 10^{-4}$   
 $\Delta U_{oz}/(U_{oz}\Delta\theta) = -8 \text{ až } +8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{K}$   
 $I_{cc} = 14 \text{ mA}$ ,  
 $I_{cc} = 9 \text{ mA}$ ,  
 $I_{cc} = 7,5 \text{ mA}$ ,  
 $f = 100 \text{ kHz}$

přenosu energie) zmenší, tranzistor  $T_4$  přejde do plně vodivého stavu, který způsobí nasycení  $T_5$  a celý pracovní cyklus se obnoví.

Je-li na diodě D záporné napětí, kondenzátor C<sub>1</sub> přenáší energii do kondenzátoru C<sub>2</sub> („přebijení“) při současném doplnění ztracené energie, způsobené vybitím kondenzátoru C<sub>2</sub> přes zátěž. Teplotně kompenzovaný řidicí obvod výstupního napětí reaguje na kolisání výstupního napětí prostřednictvím tranzistoru T<sub>3</sub> změnou kmitočtu generovaných impulsů a změnou jejich šířky.

### Rídící obvod pro spínací stabilizované zdroje, UL1540N

Integrovaný obvod UL1540N je řidící obvod pro síťové zdroje spínacího typu, používané v barevných a černobílých televizorech.

vizních příjimačích. Mimo stabilizační obvody budicího a výstupního napěti sdružuje integrovaný obvod tyto funkce: generátor pevného kmitočtu s vnějšimi časovacími členy, vnější zapínání a vypínání zdroje pomocí dálkového ovládání, nadproudovou ochranu, přepěťovou ochranu, pomalý náběh měniče, ochranu při malém napájecím napěti, ochranu proti rušení regulační smyčkou, optimální volbu synchronizace. Funkční blokové zapojení obvodu UL1540N je na obr. 3. Součástka je v plastikovém pouzdru CE71 s dvakrát osmi vývody. Integrovaný obvod UL1540N je přímým ekvivalentem obvodu TDA2640 výrobce Philips, Mullard, Valvo.

Funkce jednotlivých vývodů: 01 – kladné napájecí napětí U<sub>cc</sub>, 02 – vstup synchronizačních impulsů, 03 – přípoj kondenzátoru časovacího obvodu oscilátoru, 04 – přípoj časovacího kondenzátoru a re-

zistoru oscilátoru, 05 – přípoj rezistoru časovacího obvodu oscilátoru, 06 – výstup (k budicímu tranzistoru), 07 – vnější rezistor k nastavení činitele plnění impulsů, 08 – vstup přepěťové ochrany (účinný pro napětí min. 6,2 V), 09 – vstup referenčního obvodu, 10 – vstup zpětnovazebního napěti, 11 – vstup nadproudové ochrany (emitor, vstup je účinný při napěti min. 0,7 V), 12 – vstup nadproudové ochrany (báze), 13 – řidicí obvod C<sub>1</sub> R<sub>1</sub> pomalého startu, nastavení doby zapnutí a vypnutí, 14 – vstup dálkového ovládání (účinný při proudu asi 0,1 mA), 15 – přípoj kondenzátoru čítače obnověného startu, 16 – záporný pól napájecího zdroje (zemní potenciál).

K vysvětlení funkce integrovaného obvodu UL1540N použijeme funkční blokové zapojení na obr. 3. Shodně s tímto zapojením musí obvod splňovat přídavné funkce: vymezit přepínací kmitočet pomocí vnějších součástek C<sub>3</sub> a R<sub>3</sub>, zajistit funkci při napěťovém přetížení, přepětí a proudovém přetížení, vytvořit podmínky pro pomalý náběh práce (start) měniče, zajistit funkci před zánikem napájecího napěti.

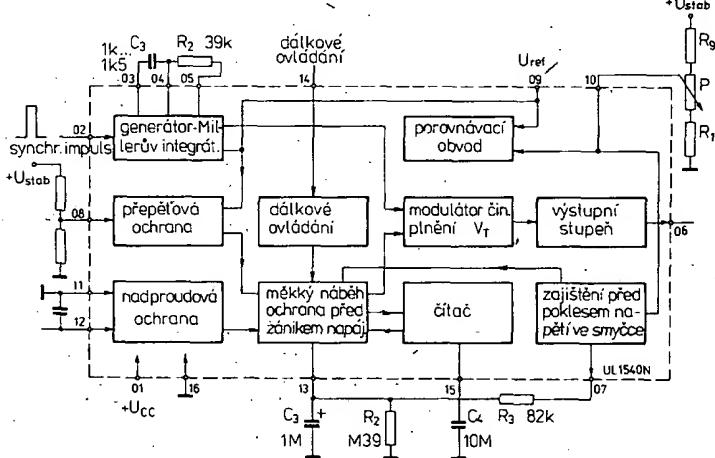
Generátor impulsů pracuje v zapojení Millerova integrátoru. Kmitočet generátoru se nastavuje výběrem vnějších součástek – kondenzátoru C<sub>3</sub> a rezistoru R<sub>3</sub>. Generátor může být synchronizován vnějšími kladnými impulsy, přivedenými na vývod 02. Kmitočet synchronizačních impulsů musí být nižší než pracovní kmitočet generátoru s vlastním buzením. Provozuje-li se generátor s vlastním buzením, musí se spojit vývod 02 se zemním potenciálem.

Pomocí odporového děliče, připojeného k vývodu 10, se přivádí napětí na jeden vstup komparátoru. Jestliže toto napětí překročí předepsanou velikost, začne pracovat obvod napěťové ochrany. Mezi nasazení napěťové ochrany určuje referenční napětí U<sub>ref</sub> = 6,2 V, stabilizované vnější Zenerovou diodou, připojenou k vývodu 09. Výsledkem funkce tohoto obvodu je přerušení chodu měniče na určitou dobu, následné obnovení chodu měniče zajišťuje obvod pomalého startu.

Signály s rychlým růstem nepřípustně velkého proudu výkonového tranzistoru, řízeného bezprostředně z transformátoru měniče, se přivádějí na vývod 12 a způsobují chvílkové vypínání chodu měniče (integrovaného obvodu UL1540N). Mechanismus funkce závisí na uvádění tranzistoru ve vnitřní struktuře integrovaného obvodu do vodivého stavu. Ten způsobuje přerušování chodu měniče. Zpětný návrat do běžných pracovních podmínek zajišťuje obvod pomalého startu.

V provozu se musejí rozlišovat dva provozní stavů od okamžiku zapnutí napájení měniče, tj. stav „tvrdého“ a „měkkého“ startu. Obvod tvrdého startu se charakterizuje velkým činitelem plnění impulsů, řidicích výkonové stupně měniče. Použije-li se tento druh náběhu měniče, mohou se značně přetížit řidici tranzistory, což v podstatě zmenšuje spolehlivost jejich funkce. Naproti tomu při měkkém startu se činitel plnění impulsů zvětší lineárně na velikost, která je potřebná pro trvalé zatištění. Tento druhý způsob náběhu měniče lze realizovat integrovaným obvodem UL1540N, který pracuje spolehlivě bez možnosti zničení tranzistorů v koncovém stupni.

Obvod zabezpečující funkci měniče před zánikem napájecího napěti zajišťuje



Obr. 3. Funkční blokové zapojení integrovaného obvodu UL1540N

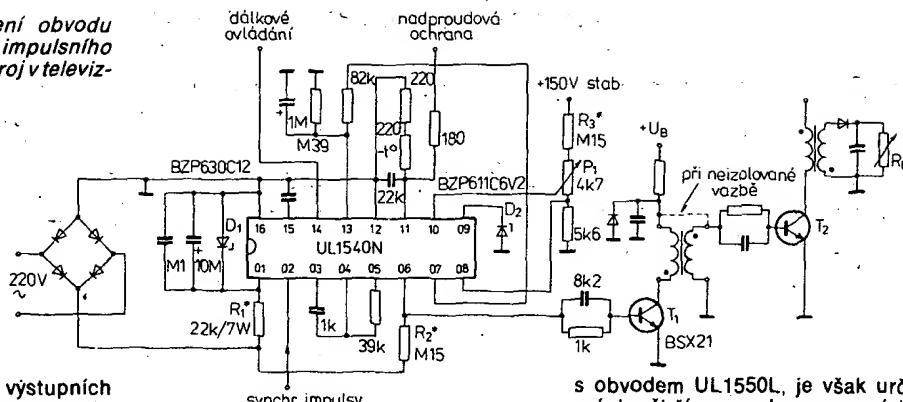
### Elektrické údaje UL1540N

Mezní údaje	
Napájecí napětí (vývod 01): Vnější referenční napětí (vývod 09): Výstupní proud impulsní (vývod 06):	$U_{cc}(U_1) = 10,2 \text{ až } 13,8 \text{ V}$ . $U_{ref} = 5,6 \text{ až } 6,6 \text{ V}$ . $I_{OM} = 20 \text{ mA}$ .
Napětí synchronizačních impulsů, mezivrcholová hodnota:	$U_{2/M/M} = 1 \text{ až } 10 \text{ V}$ .
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} = 145 \text{ mW}$ .
Rozsah pracovních teplot okolí:	$\theta_a = 0 \text{ až } +70^\circ\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\theta_{stg} = -40 \text{ až } +125^\circ\text{C}$ .
Charakteristické údaje	
( $\theta_a = 25^\circ\text{C}$ , $U_{cc} = 12 \text{ V}$ ) Příkon proudu při činiteli plnění impulsů $V_T = 50\%$ :	$I_1(U_{cc}) = \text{jmen. } 8,5 \text{ až } 12 \text{ mA}$ .
Napětí synchronizačních impulsů, mezivrcholová hodnota:	$U_{2/16 M/M} = 1 \text{ až } 10 \text{ V}$ .
Pracovní napětí dálkového ovládání účinné při: neúčinné při <sup>1)</sup> :	$U_{14/16} = 0 \text{ až } 3 \text{ V}$ , $U_{14/16} = 5 \text{ až } 12 \text{ V}$ , $U_{12/11} = 660 \text{ až } 760 \text{ mV}$ .
Prahové napětí nadproudové ochrany:	$U_{6/16 M/M} \geq 11,5 \text{ V}$ .
Výstupní proud vrcholový:	$I_{6M} \geq 20 \text{ mA}$ .
Referenční napětí z vnější Zenerovy diody:	$U_{ref 9/16} = 6,2 \text{ V}$ .
Součinitel plnění výstupních impulsů $V_T = (t/T) \cdot 100\%$ <sup>3)</sup> při $U_{10/16} = 0 \text{ až } 7,5 \text{ V}$ :	$V_T = 20 \text{ až } 85\%$ .
Saturační napětí výstupního tranzistoru, $I = 20 \text{ mA}$ :	$U_{CE sat} \leq 400 \text{ mV}$ .

### Pozn.: 1)

- Nebo při nepřipojeném vývodu 14.
- Maximální výstupní napětí na vývodu 06 je při napěti přibližně  $U_{cc} = 11/16$  (vývod 01) omezováno vnitřní diodou.
- $T$  – vzdálenost impulsů,  $t$  – šířka impulsu.

Obr. 4. Doporučené zapojení obvodu UL1540N v obvodu pro řízení impulsního měniče napětí pro napájecí zdroj v televizních přijímačích



příslušnou velikost amplitudy výstupních impulsů z integrovaného obvodu UL1540N pro řízení následujících diskrétních výkonových tranzistorů. K tomu slouží přídavné vnitřní proudové zdroje, jejichž úkolem je udržet potřebný napěťový rozdíl mezi vývody 13 a 16.

K objasňující funkce významného obvodu UL1540N lze ještě připomenout obvod čítáče poruch v provozu měniče, které se sčítají nebo převádějí na napětí, přiváděné na kondenzátor C<sub>4</sub>. Při velkém počtu poruch se napětí na kondenzátoru C<sub>4</sub> zvětšuje až do okamžiku, kdy signál z čítáče zastaví přes funkční skupinu náběhu chod měniče (až do okamžiku vybití kondenzátoru C<sub>4</sub>). Výstupní napětí se reguluje potenciometrem P<sub>1</sub> odpovídajícím děliče, z něhož se odebírá příslušné napětí a přivádí na vývod 10 integrovaného obvodu. Činnost ostatních funkčních celků je bezpečná a nepotřebuje dalšího vysvětlování.

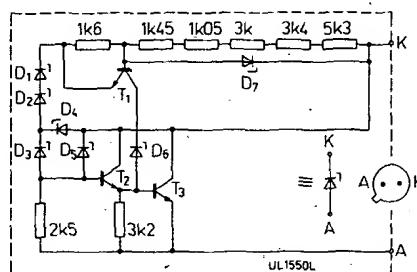
### Doporučené zapojení

Integrovaný obvod UL1540N se může v podstatě použít ve dvou základních zapojeních napájecích zdrojů – s přímou (galvanickou) vazbou a „izolovanou“ vazbou vstupního a výstupního obvodu. Doporučené zapojení na obr. 4 lze použít pro řízení obou typů zdrojů. Druh vazby se volí podle potřeby až za budicím tranzistorem T<sub>1</sub>, kde lze použít vazebný člen R, C pro přímou (neizolovanou) vazbu, nebo oddělovací transformátor T<sub>1</sub> pro izolovanou vazbou vstupních a výstupních obvodů (a tím izolace napájecí sítě od napájeného zařízení). Odpor rezistorů R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> a R<sub>3</sub> se musí při jiných napájecích napětích příslušně změnit. Vývod 11 nadproudové ochrany pracuje tak, že se při zmenšení napětí zvětšuje proud.

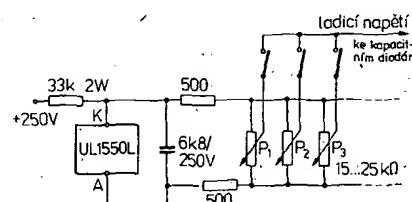
**Integrovaný stabilizátor  
napětí 33 V, UL1550L, ULA1550L**

Integrovaný obvod UL1550L je analógový obvod s velmi krátkou dobou tepelného náběhu, který slouží jako stabilizátor konstantního, teplotně kompenzovaného stejnosměrného napětí, určeného pro napájení kapacitních diod v elektronicky laděných kanálových voličích v televizních a rozhlasových přijímačích. Vnitřní elektrické zapojení obvodu je na obr. 5. Součástka je v kovovém pouzdro CE12 se dvěma drátovými vývody ve skleněné průchode. Obvod UL1550L je podobný svou činností obvodu TAA550 řady západoevropských výrobčů.

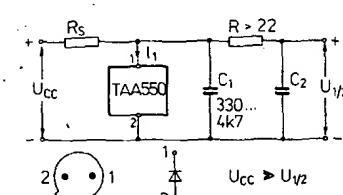
Integrovaný obvod ULA1550L má elektrické a mechanické vlastnosti shodné



Obr. 5. Vnitřní elektrické zapojení integrovaného obvodu UL1550L, ULA1550L



Obr. 6. Doporučené zapojení obvodu UL1550L, ULA1550L ve stabilizátoru napětí pro napájení elektronicky laděných kanálových voličů.



Obr. 7. Doporučené zapojení integrovaného obvodu TAA550 ve stabilizátoru napětí pro napájení kapacitních diod

Elektrické údaje UL1550I / UL A1550I

### Doporučené zapojení

Typické zapojení integrovaného obvodu UL1550L ve stabilizačním obvodu pro napájení kapacitních diod je na obr. 6. Na výstupu stabilizátoru je připojena řada potenciometrů, z jejichž běžců se odeberá napětí pro pevnou předvolbu přijímané stanice (nastavení potřebné kapacity kapacitní diody). K ladění se využívá nastavitelné napětí v rozsahu 1,5 až 28V, které se přivádí na spinaci tlačítka voliče a odtud přímo na laděný obvod s kapacitní diodou.

## **Stabilizátor napětí 33 V, TAA550**

**Integrovaný obvod TAA550** výrobce Tungsram je stabilizátor napětí s malým tepelným součinitelem a malým rozdílovým vnitřním odporem, určený především pro napěťové zdroje k napájení kapacitních diod v rozhlasových a televizních přijímačích. Jeho výstupní napětí je nezávislé na kolísání síťového napájecího napětí a na pracovní teplotě. Stabilizátor se může použít též jako referenční zdroj napětí pro všeobecné účely. Součástka je v kovovém pouzdru TO-18 se dvěma drátovými vývody ve skleněném průchodce. Vývod anody je blíže vodicim výstupku na patici. Zapojení vývodů: 1 - katoda, spojená s pouzdrem, 2 - anoda.

## Doporučené zapojení

Příklad doporučeného zapojení integrovaného obvodu TAA550 v napájecím zdroji je na obr. 7. Vstupní napájecí napětí

Mezní údaje	
Zenerův proud:	$I_Z = 15 \text{ mA}$ .
Rozsah pracovních teplot okolí	
UL1550L:	$\vartheta_a = -25 \text{ až } +70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
ULA1550L:	$\vartheta_a = -40 \text{ až } +125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -40 \text{ až } +125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .
Charakteristické údaje ( $\vartheta_a = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )	
Stabilizované napětí při $I_Z = 5 \text{ mA}$ :	$U_Z = 31, \text{až } 35 \text{ V}$ ,
typ I:	$U_Z = 31 \text{ až } 32,2 \text{ V}$ ,
typ II:	$U_Z = 31,8 \text{ až } 34,2 \text{ V}$ ,
typ III:	$U_Z = 33,8 \text{ až } 35 \text{ V}$ .
Dynamický odpor,	$r_Z = \text{jmen. } 12, \leq 25 \Omega$ .
$I_Z = 5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$ :	
Teplotní součinitel stabilizovaného napětí při $I_Z = 5 \text{ mA}$	$TK_{UZ} \cdot 10^{-4} = -1 \text{ až } +0,5 \text{ K}^{-1}$ ,
UL1550L ( $10 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \vartheta_a \leq 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ):	$TK_{UZ} = -3,1 \text{ až } 1,55 \text{ mV/K}$ ,
ULA1550L ( $0 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \vartheta_a \leq 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ):	$TK_{UZ} \cdot 10^{-4} = -1 \text{ až } +0,5 \text{ K}^{-1}$

### Elektrické údaje TAA550 výroby Tungsram (MEV)

Mezní údaje	
Pracovní proud:	$I_1 = 15 \text{ mA}$ .
Tepelný odpor přechod-okolí:	$R_{thja} = 500 \text{ K/W}$ .
Tepelný odpor přechod-pouzdro:	$R_{thje} = 150 \text{ K/W}$ .
Rozsah provozních teplot okolí:	$\vartheta_a = -20 \text{ až } +150^\circ\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{sig} = -20 \text{ až } +150^\circ\text{C}$ .
Charakteristické údaje ( $\vartheta_a = 25^\circ\text{C}$ )	
Doporučený pracovní proud:	$I_1 = \text{jmen. } 5, \leq 2 \text{ mA}$ .
Stabilizované napětí při $I_1 = 5 \text{ mA}$	
TAA550:	$U_{1/2} = 30 \text{ až } 36 \text{ V}$ ,
TAA550A:	$U_{1/2} = 30 \text{ až } 32 \text{ V}$ ,
TAA550B:	$U_{1/2} = 32 \text{ až } 34 \text{ V}$ ,
TAA550C:	$U_{1/2} = 34 \text{ až } 36 \text{ V}$ .
Dynamický vnitřní odpor,	
$I_1 = 5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$ :	$r_{1/2} = \text{jmen. } 10, \leq 25 \Omega$ .
Teplotní součinitel stabilizovaného napětí	$\Delta U_{1/2}/\Delta\vartheta_a = -3,1 \text{ až } +1,55 \text{ mV/K}$ .

### Elektrické údaje TAA550 výroby IPRS

Mezní údaje	
Stabilizovaný proud:	$I_1 = 19 \text{ mA}$ .
Stabilizovaný proud minimální:	$I_1 = 2 \text{ mA}$ .
Zatěžovací proud vrcholový:	$I_{IM} = 150 \text{ mA}$ .
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} = 350 \text{ mW}$ .
Teplota přechodu:	$\vartheta_j = 125^\circ\text{C}$ .
Rozsah provozních teplot okolí:	$\vartheta_a = 0 \text{ až } +70^\circ\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{sig} = -25 \text{ až } +125^\circ\text{C}$ .
Teplenný odpor přechod-okolí:	$R_{thja} = 400 \text{ K/W}$ .
Teplenný odpor přechod-pouzdro:	$R_{thje} = 150 \text{ K/W}$ .
Charakteristické údaje ( $\vartheta_a = +25^\circ\text{C}$ )	
Stabilizované napětí, $I_2 = 5 \text{ mA}$ :	$U_z = \text{jmen. } 32; 30 \text{ až } 35 \text{ V}$ .
Dynamický odpor, $I_2 = 5 \text{ mA}$ :	$r_z = \text{jmen. } 12, \leq 25 \Omega$ .
Teplotní součinitel stabilizovaného napětí	
$I_2 = 5 \text{ mA}$ :	$TK_{uz} = -10 \text{ až } +5 \cdot 10^3 \text{ %/K}$ .
Proud v závěrném směru, $U_R = 24 \text{ V}$ :	$I_R = \leq 0,2 \text{ mA}$ .
Napětí v propustném směru, $I_F = 100 \text{ mA}$ :	$U_F = \leq 1 \text{ V}$ .
Součinitel stabilizovaného napětí při dlouhodobém provozu	$\Delta U_z = \pm 50 \text{ mV}$ .
$t = 100 \text{ h}$ :	

$U_{CC}$  zdroje musí být podstatně větší než výstupní stabilizované napětí  $U_{1/2}$ . Konденzátor  $C_2$  na výstupu stabilizátoru se použije tehdy, požadujeme-li potlačení nízkofrekvenčního šumu. V praxi postačí kapacita 10  $\mu\text{F}$ . Dovolený proud  $I_1$  závisí na použitém chlazení. Při teplotě okolí  $25^\circ\text{C}$  a tepelném odporu  $R_{thja} = 500 \text{ K/W}$  smí být proud  $I_1$  protékající stabilizátorem až 7 mA, při teplotě pouzdra  $70^\circ\text{C}$  a tepelném odporu  $R_{thje} = 150 \text{ K/W}$  smí být max. 15 mA. Uváděná stabilizovaná napětí však platí při doporučeném proudu 5 mA.

Pod stejným typovým označením TAA550 jako má maďarský výrobek vyrábí stabilizátor napětí TAA550 k napájení variátorů i rumunský výrobce polovodičových součástek IPRS. Z hlediska praktického použití není mezi oběma výrobky

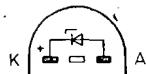
rozdíl. Podstatný rozdíl je však v základních technických specifikacích, proto uvádime údaje rumunských stabilizátorů v samostatné tabulce elektrických údajů. Stabilizátory jsou v pouzdra TO-18 se dvěma drátovými vývody ve skleněném průchode. Zapojení vývodů je shodné podle obr. 5, příp. 7.

### Stabilizátor kladného napětí 33 V, řady 1PH01B

Miniaturní stabilizátor kladného napětí 1PH01B řady bulharské výroby NPSK v Botevgradu je určen pro napájecí zdroje kapacitních diod v ladičích obvodech televizních přijímačů, příp. jiných elektronických přístrojů, s nimiž mohou přijít do

### Elektrické údaje řady 1PH01B

Mezní údaje	
Pracovní proud ( $\vartheta_a = 25^\circ\text{C}$ ):	$I_0 = 7,5 \text{ mA}$ .
Stabilizovaný proud:	$I_z = 2 \text{ mA}$ .
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} = 200 \text{ mW}$ .
Rozsah pracovních teplot okolí:	$\vartheta_a = -10 \text{ až } +80^\circ\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{sig} = -25 \text{ až } +100^\circ\text{C}$ .
Charakteristické údaje	
Stabilizované napětí, $I_z = 5 \text{ mA}$ , 1PH01B1:	$U_z = 28,5 \text{ až } 32,2 \text{ V}$ ,
1PH01B2:	$U_z = 32,0 \text{ až } 34,2 \text{ V}$ ,
1PH01B3:	$U_z = 34,0 \text{ až } 36,0 \text{ V}$ .
Dynamický vnitřní odpor, $I_z = 5 \text{ mA}$ :	$r_z = \text{jmen. } 10, \leq 25 \Omega$ .
Teplotní součinitel stabilizovaného napětí	$\Delta U_z/\Delta\vartheta_a = -3,2 \text{ až } +1,6 \text{ mV/K}$ .
$\vartheta_a = 0 \text{ až } +50^\circ\text{C}$ :	



Obr. 7a. Zapojení vývodu stabilizátoru napětí 1PH01B

stuku údržbáři při opravách dovezených přístrojů. Je vyroben planárně epitaxní technologií. Podle výstupního stabilizovaného napětí se dodává ve třech skupinách, a to se středním napětím 30 V, 33 V a 35 V. Funkční blokové zapojení je stejné jako u stabilizátorů TAA550. Rozdíl je pouze v druhu pouzdra, které je z plastu se dvěma drátovými vývody (oboba pouzdra TO-92). Zapojení vývodů je na obr. 7a. Stabilizátory jsou označeny základním typovým znakem a barevnou tečkou na vrcholu pouzdra, která udává podskupinu podle výstupního napětí

červená – typ 1PH01B1 s napětím 30 V,  
žlutá – typ 1PH01B2 s napětím 33 V,  
zelená – typ 1PH01B3 s napětím 35 V.

Starší provedení popsaných stabilizátorů napětí se dodávalo v kovovém pouzdu TO-18 se dvěma drátovými vývody ve skleněném průchode. Zapojení vývodů těchto stabilizátorů je stejné jako u typu TAA550, jejich elektrické vlastnosti jsou shodné s vlastnostmi stabilizátorů v plastovém pouzdře. Dodávaly se rovněž ve třech skupinách, rozdílených podle výstupního napětí. Součástky byly označeny typovým znakem 1PH01A.

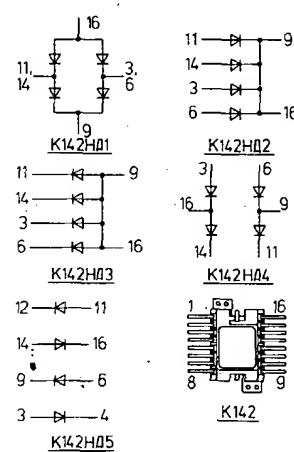
### Diodové maticy a stabilizátory napětí řady K142

Integrované obvody řady K142HД1 až K142HД5 sovětské výroby jsou určeny pro použití v impulsních zdrojích stejnosměrného proudu, obvody K142EH1, K142EH2 jsou určeny pro stabilizované zdroje s regulovatelným výstupním napětím. Řada obvodů K142 obsahuje tyto součástky:

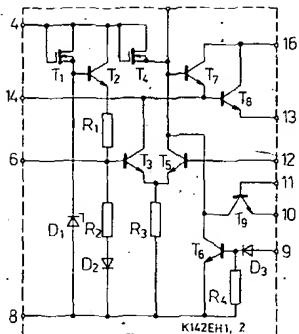
#### Diodové maticy

K142HД1 diodový usměrňovač v můstkovém zapojení,

K142HД2 diodová matice se čtyřmi diodami se společným katodovým vývodem,



Obr. 8. Vnitřní elektrické zapojení diodových matic integrovaných obvodů K142HД1 až K142HД5



Obr. 9. Vnitřní elektrické zapojení stabilizátorů napětí řady K142EH1, K142EH2

- K142H3 diodová matic se čtyřmi diodami se společným anodovým vývodem.  
K142D4 dva páry sériově zapojených diod.  
K142H5 čtyři plně oddělené diody.

#### Stabilizátory napětí

- K142EH1 až K142EH1G stabilizátory napětí s řiditelným výstupním napětím v rozsahu 3 až 12 V, K142EH2A až K142EH2G stabilizátory napětí s řiditelným výstupním napětím v rozsahu 12 až 30.

Všechny součástky řady K142 jsou v plochém kovovém pouzdro 402.16-2 se skleněnými průchodekami a s 2x osmivými vývody. Vnitřní elektrické zapojení diodových matic je na obr. 8, stabilizátoru napětí na obr. 9. Zjednodušený pohled na provedení pouzdra všech typů součástek řady K142 je na obr. 8.

### Stabilizátory napětí K142EH1, K142EH2

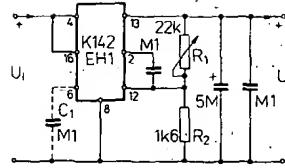
Integrované obvody K142EH1 a K142EH2 jsou přesné stabilizátory napětí s regulovatelným výstupním napětím. Jsou vyrobeny epitaxně planární technologií na křemíkové podložce. Vnitřní zapojení obou řad stabilizátorů je stejné (obr. 9), rozdíl je pouze v přípustných vstupních a výstupních napětích.

Vnitřní zapojení stabilizátorů lze rozdělit do těchto funkčních bloků: zdroj referenčního napětí (tranzistory T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>), diody D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> a odporový dělič, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>), řídící blok (tranzistory T<sub>3</sub> až T<sub>5</sub>), regulační člen (tranzistory T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>) a ochranný obvod (tranzistory T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub> a dioda D<sub>3</sub>).

Funkce jednotlivých vývodů: 1 – nepoužívat, 2 – připoj filtračního člena pro vyhlašení šumu, 3 – nepoužívat, 4 – vstup 2,5 – volný vývod, 6 – referenční napětí, 7 – nepoužívat, 8 – zemnický bod, 9 – vypínač, 10, 11 – prudová ochrana, 12 – řízení výstupu, 13 – výstup 1, 14 – výstup 2, 15 – nepoužívat, 16 – vstup 1.

#### Doporučené zapojení

Příklad praktického zapojení stabilizátoru napětí K142EH1 je na obr. 10. Ke zlepšení stability obvodu lze připojit k vývodu 6 vnější kondenzátor C<sub>1</sub> (v zapojení je naznačen čárkovaně). Dělič R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> slouží k nastavení výstupního napětí. Jeho minimální přípustný proud musí být 1,5 mA, což je nezbytné k dobré funkci obvodu.



Obr. 10. Doporučené provozní zapojení stabilizátoru napětí s integrovaným obvodem K142EH1

Součinitel výstupního napětí při změně vstupního napětí je dán vztahem

$$TK_{UO} = \frac{\Delta U_o}{U_o U_1} \cdot 100 \quad [\% ; V]$$

kde  $U_o$  je výstupní napětí ve V.

$\Delta U_i$  změna vstupního napětí ve V,  
 $\Delta U_o$  změna výstupního napětí, vyvolaná změnou vstupního napětí ve V.

Součinitel nestability  $K_{UO}$  je svázán se součinitelem stabilizace  $K_{stab}$  vztahem

$$K_{stab} = \frac{1}{TK_{UO} U_i}$$

Součinitel nestability výstupního napětí při změně zatěžovacího proudu určuje vztah

$$K_{IO} = \frac{\Delta U_o}{U_o} \cdot 100,$$

kde  $\Delta U_o$  je změna výstupního napětí, vyvolaná změnou výstupního proudu z 5 mA na 50 mA.

#### Elektrické údaje diodových matic řady K142

##### Mezní údaje

(platí pro každou (libovolnou) diodu matic K142H1 až K142H5)

Závěrečné napětí impulsní:

$f \leq 100 \text{ kHz}, \vartheta_a = -45 \text{ až } +85^\circ \text{C}: U_{RM} = 50 \text{ V.}$

Propustný proud střední

$f \leq 50 \text{ kHz}, \vartheta_a = -45 \text{ až } +55^\circ \text{C}^2): I_{FAV} = 500 \text{ mA, } \vartheta_a = +85^\circ \text{C}^3): I_{FAV} = 125 \text{ mA.}$

Propustný proud střední

$f \leq 100 \text{ kHz}, \vartheta_a = -45 \text{ až } +55^\circ \text{C}^4): I_{FAV} = 250 \text{ mA, } \vartheta_a = +85^\circ \text{C}^3): I_{FAV} = 60 \text{ mA.}$

Propustný proud impulsní

pravouhlé impulsy ( $5 \mu\text{s} = \tau_\phi = \tau_p$ ), délka impulsu 1 s, opakování impulsu za minim. 5 min. po dobu 24 h:  $I_{FM} = 3I_{FAV} [\text{mA}].$

##### Charakteristické údaje

Propustné napětí střední  $I_{FAV} = 500 \text{ mA, } U_{RM} = 50 \text{ V: } U_{FAV} \leq 1.2 \text{ V.}$

Zpětný proud střední  $U_{RM} = 50 \text{ V: } I_{RAV} \leq 100 \mu\text{A.}$

##### Pozn.

- Platí pro jednu diodu za podmínky, že ostatní tři diody integrovaného obvodu v tuto dobu nepracují.
- Max. přípustný propustný proud impulsní nesmí být větší než  $I_{FM \max} = 1,5I_{FAV \max}$ .
- $I_{FAV}$  se ve středním rozsahu teplot zmenšuje lineárně.
- $I_{FAV}$  se v kmitočtovém rozsahu 50 až 100 kHz zmenšuje lineárně.

#### Elektrické údaje stabilizátorů napětí řady K142

##### Mezní údaje

(K142EH1A, B, V, G; K142EH2A, B, V, G)

Zatěžovací proud maximální

(včetně proudu děliče) ve stanoveném rozsahu vstupního a výstupního napětí:

$I_E = 150 \text{ mA.}$

Ztrátový výkon celkový

$\vartheta_a = -45 \text{ až } +55^\circ \text{C}^1): P_{tot} = 0.8 \text{ W, } \vartheta_a = +85^\circ \text{C: } P_{tot} = 0.5 \text{ W, } \vartheta_a = +50^\circ \text{C: } P_{tot} = 2.1 \text{ W.}$

Ztrátový výkon celkový

$t_{ip} = 1 \text{ s, opakovací doba minim. 5 min.: } P_R = 3P_{tot} [\text{W}].$

##### Charakteristické údaje

Spotřeba proudu,

$U_I = 20 \text{ V, } U_o = 12 \text{ V: } I = 4 \text{ mA.}$

Vstupní napětí

K142EH1:  $U_I = 9 \text{ až } 20 \text{ V, } U_I = 20 \text{ až } 40 \text{ V.}$

K142EH2:

Výstupní napětí

K142EH1:  $U_o = 3 \text{ až } 12 \text{ V, } U_o = 12 \text{ až } 30 \text{ V.}$

K142EH2:

Výstupní proud:

Součinitel nestability výstupního napětí při změně vstupního napětí

K142EH1A, K142EH2A:  $K_{UO} = 0.3 \% / V, K_{UO} = 0.1 \% / V.$

K142EH1B, K142EH2B:  $K_{UO} = 0.5 \% / V, K_{UO} = 0.5 \% / V.$

K142EH1B, K142EH2B:  $K_{UO} = 0.5 \% / V, K_{UO} = 0.5 \% / V.$

K142EH1F, K142EH2F:  $K_{UO} = 0.5 \% / V, K_{UO} = 0.5 \% / V.$

Součinitel výstupního napětí při změně zatěžovacího proudu

K142EH1A, K142EH2A:  $K_{IO} = 0.5 \%, K_{IO} = 0.2 \%,$

K142EH1B, K142EH2B:  $K_{IO} = 2 \%, K_{IO} = 1 \%,$

K142EH1F, K142EH2F:  $K_{IO} = 0.5 \%, K_{IO} = 0.5 \%,$

K142EH1G, K142EH2G:  $K_{IO} = 0.5 \%, K_{IO} = 0.5 \%,$

1) Ztrátový výkon se v rozsahu teplot +55 až +85 °C zmenšuje lineárně.

Výstupní odpor stabilizátoru  $R_O$  lze vypočítat pomocí součinitele nestability při změně zatěžovacího proudu

$$R_O = \frac{K_{10} U_O}{\Delta I_O}$$

Stabilita výstupního napětí stabilizátoru je zcela nezávislá na kmitočtu pulsujícího napájecího napětí až do kmitočtu 60 kHz, pak prudce klesá (na kmitočtu 1 MHz je již  $U_{VO} = 1,5$ , pro vyšší kmitočty než 5 MHz je integrovaný obvod zcela nepoužitelný).

### Stabilizátory pevného kladného napětí UL7505L, UL7512L

Bipolární analcgové integrované obvody UL7505L a UL7512L jsou monolitické stabilizátory pevného kladného napětí, určené pro napájecí zdroje elektronických přístrojů s výstupním napětím 5 V a 12 V. Uvedené dva typy stabilizátorů jsou prvními typy značné řady stabilizátorů s různými výstupními napětími, jejichž výrobu připravuje polský výrobce polovodičových součástek Unitra-CEMI.

Monolitické stabilizátory splňují prakticky všechny požadavky na napájecí napětí integrovaných obvodů v analogové a číslicové technice. Z hlediska konstrukčního jsou určeny pro zdroje stabilizovaného napětí, ve vhodných zapojeních se však mohou použít i ve zdrojích konstantního proudu. Monolitické stabilizátory jsou konstruovány jako třísvorkový regulátor napětí, která má jeden vstup, jeden výstup a společný zemní vývod. Ke své funkci vyžadují velmi málo vnějších součástek (kromě blokovacích kondenzátorů na vstupu a výstupu stabilizátoru).

Integrované obvody se mohou umístit na jednu desku s plošnými spoji spolu s ostatními součástkami funkčních celků, které mají napájet. Jedním z nedostatků popisovaných stabilizátorů je poměrně malý přípustný výstupní stabilizovaný zatěžovací proud, který je omezen přípustným ztrátovým výkonem regulačního prvku, odvodem tepla z něj a zaručenou tepelnou stabilitou vlastnosti integrovaného obvodu. Přípustný zatěžovací proud lze zvětšit použitím přídavných vnějších součástek, především vhodného výkonového tranzistoru, který lze montovat na společném chladiči.

Z hlediska výrobního se integrované stabilizátory vyrábějí epitaxně planární technologií a to pouze vždy pro jedno dané výstupní napětí, které stabilizátor udržuje se značnou přesností (lepší než  $\pm 5\%$ ). V případě potřeby je možno výstupní stabilizované napětí upravit ve vhodném zapojení pomocí přídavných součástek na jiné výstupní napětí.

Integrované stabilizátory UL7505L a UL7512L jsou určeny pro použití v rozsahu teplot okolo 0 až +70 °C při zatěžovacím proudu do 1 A. Systém stabilizátoru je vybaven ochrannými obvody, které jej chrání před zkratem nebo přetížením na výstupu a před tepelným přetížením. Součástky se dodávají v kovovém pouzdro TO-3 (pouzdro Unitra CE-20) se dvěma kolíkovými vývody v izolačních průchodekách v základně. Vnější rozměry pouzdra jsou na obr. 11, kde je rovněž uvedeno zapojení vývodů. Kolík č. 1 slouží jako vstup stabilizátoru, kolík č. 2 jako výstup, kovové pouzdro jako zemní vývod.

Elektrické údaje stabilizátorů jsou uvedeny v tabulce. Ztrátový výkon stabilizátoru výrobce neudává, neboť je vnitřně omezen integrovanými ochrannými obvo-

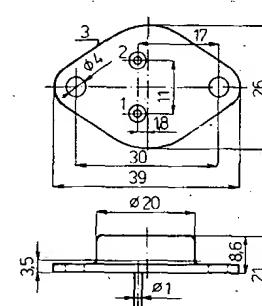
### Elektrické údaje UL7505L, UL7512L, ULA6512L

#### Mezní údaje ( $\theta_a = +25^\circ C$ )

<b>Výstupní napětí:</b>	$U_I = 35 \text{ V}$ .
<b>Ztrátový výkon celkový</b>	
s ideálním chlazením:	$P_{tot} = 13 \text{ W}$ ,
s chladičem 10 K/W:	$P_{tot} = 5,8 \text{ W}$ ,
bez chladiče:	$P_{tot} = 2,5 \text{ W}$ .
<b>Rozsah provozních teplot okolí:</b>	
UL7505L, UL7512L:	$\vartheta_a = 0 \text{ až } +70^\circ C$ ,
ULA6512L:	$\vartheta_a = -40 \text{ až } +85^\circ C$ .
<b>Rozsah skladovacích teplot:</b>	
UL7505L, UL7512L:	$\vartheta_{stg} = -40 \text{ až } +125^\circ C$ ,
ULA6512L:	$\vartheta_{stg} = -55 \text{ až } +150^\circ C$ .

#### Charakteristické údaje ( $\theta_a = +25^\circ C$ )

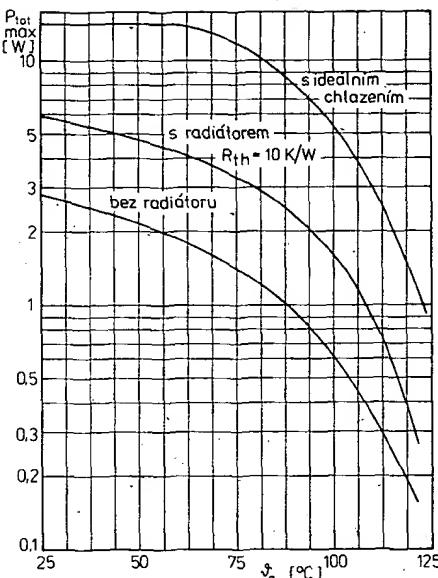
<b>Výstupní stabilizované napětí</b>	
$U_I = 10 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A}, \text{UL7505L}$ :	$U_O = \text{jmen. } 5,0; 4,8 \text{ až } 5,2 \text{ V}$ ,
$U_I = 19 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A}; \text{UL7512L, ULA6512L}$ :	$U_O = \text{jmen. } 12,0; 11,5 \text{ až } 12,5 \text{ V}$
<b>Výstupní stabilizované napětí při změně výstupního napětí</b>	
$P_{tot} \leq 15 \text{ W}, I_O = 0,5 \text{ A}, 0 \leq \vartheta_a \leq +70^\circ C$	
$7 \text{ V} \leq U_I \leq 20 \text{ V, UL7505L}$ :	$U_{OI} = 4,75 \text{ až } 5,25 \text{ V}$ ,
$14,5 \text{ V} \leq U_I \leq 27 \text{ V, UL7512L}$ :	$U_{OI} = 11,4 \text{ až } 12,6 \text{ V}$ ,
$P_{tot} \leq 15 \text{ W}, I_O = 0,5 \text{ A}, -40 \leq \vartheta_a \leq +85^\circ C$	
$15,5 \text{ V} \leq U_I \leq 27 \text{ V, ULA6512L}$ :	$U_{OI} = 11,4 \text{ až } 12,6 \text{ V}$ .
<b>Výstupní stabilizované napětí při změně zatěžovacího proudu</b>	
$P_{tot} \leq 15 \text{ W}, 0 \leq \vartheta_a \leq +70^\circ C$	
$U_I = 10 \text{ V}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A, UL7505L}$ :	$U_{OU} = 4,75 \text{ až } 5,25 \text{ V}$ ,
$U_I = 19 \text{ V}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A, UL7512L}$ :	$U_{OU} = 11,4 \text{ až } 12,6 \text{ V}$ ,
$P_{tot} \leq 15 \text{ W}, -40 \leq \vartheta_a \leq +85^\circ C$	
$U_I = 19 \text{ V}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A, ULA6512L}$ :	$U_{OU} = 11,4 \text{ až } 12,6 \text{ V}$ .
<b>Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na výstupním napětí</b>	
$8 \text{ V} \leq U_I \leq 12 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7505L}$ :	$\Delta U_{(OUI)} \leq 50 \text{ mV}$ ,
$7 \text{ V} \leq U_I \leq 25 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7505L}$ :	$\Delta U_{(OUI)} \leq 100 \text{ mV}$ ,
$16 \text{ V} \leq U_I \leq 22 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7512L}$ :	$\Delta U_{(OUI)} \leq 120 \text{ mV}$ ,
$14,5 \text{ V} \leq U_I = 27 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7512L}$ :	$\Delta U_{(OUI)} \leq 240 \text{ mV}$ ,
$16 \text{ V} \leq U_I \leq 22 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, ULA6512L}$ :	$\Delta U_{(OUI)} \leq 60 \text{ mV}$ ,
$14,5 \leq U_I \leq 30 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, ULA6512L}$ :	$\Delta U_{(OUI)} \leq 120 \text{ mV}$ .
<b>Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na zatěžovacím proudu</b>	
$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1,5 \text{ A}, U_I = 10 \text{ V, UL7505L}$ :	$\Delta U_{(OIO)} \leq 100 \text{ mV}$ ,
$250 \text{ mA} \leq I_O \leq 750 \text{ mA}, U_I = 10 \text{ V, UL7505L}$ :	$\Delta U_{(OIO)} \leq 50 \text{ mV}$ ,
$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1,5 \text{ A}, U_I = 19 \text{ V, UL7512L}$ :	$\Delta U_{(OIO)} \leq 240 \text{ mV}$ ,
$250 \text{ mA} \leq I_O \leq 750 \text{ mA}, U_I = 19 \text{ V, UL7512L}$ :	$\Delta U_{(OIO)} \leq 120 \text{ mV}$ ,
$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1,5 \text{ A}, U_I = 19 \text{ V, ULA6512L}$ :	$\Delta U_{(OIO)} \leq 120 \text{ mV}$ ,
$250 \text{ mA} \leq I_O \leq 750 \text{ mA}, U_I = 19 \text{ V, ULA6512L}$ :	$\Delta U_{(OIO)} \leq 60 \text{ mV}$ .
<b>Výstupní klidový proud</b>	
$U_I = 10 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7505L}$ :	$I_{IB} = 6, \leq 10 \text{ mA}$ ,
$U_I = 19 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7512L}$ :	$I_{IB} = 6, \leq 10 \text{ mA}$ ,
$U_I = 19 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, ULA6512L}$ :	$I_{IB} \leq 10 \text{ mA}$ .
<b>Změna výstupního klidového proudu v závislosti na změně výstupního napětí</b>	
$0^\circ C \leq \vartheta_a \leq +70^\circ C$	
$7 \text{ V} \leq U_I \leq 25 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7505L}$ :	$\Delta I_{IB(UI)} \leq 1,3 \text{ mA}$ ,
$14,5 \leq U_I \leq 30 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, UL7512L}$ :	$\Delta I_{IB(UI)} \leq 1,3 \text{ mA}$ ,
$-40^\circ C \leq \vartheta_a \leq +85^\circ C$	
$15 \text{ V} \leq U_I = 30 \text{ V}, I_O = 0,5 \text{ A, ULA6512L}$ :	$\Delta I_{IB(UI)} \leq 0,8 \text{ mA}$ .
<b>Změna výstupního klidového proudu v závislosti na změně zatěžovacího proudu</b>	
$0^\circ C \leq \vartheta_a \leq +70^\circ C$	
$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}, U_I = 10 \text{ V, UL7505L}$ :	$\Delta I_{IB(OI)} \leq 0,5 \text{ mA}$ ,
$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}, U_I = 19 \text{ V, UL7512L}$ :	$\Delta I_{IB(OI)} \leq 0,5 \text{ mA}$ ,
$-40^\circ C \leq \vartheta_a \leq +85^\circ C$	
$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}, U_I = 19 \text{ V, ULA6512L}$ :	$\Delta I_{IB(OI)} \leq 0,5 \text{ A}$ .
<b>Sumové výstupní napětí,</b>	
$10 \text{ Hz} \leq f_p \leq 100 \text{ kHz}$ :	$U_{ON} = 40 \mu\text{V}$ .
<b>Cíniel potlačení vlivu změn napájecího napětí,</b>	
$I_O = 20 \text{ mA}, f_p = 100 \text{ Hz, UL7512L:}$	$SVR = 60 \text{ dB}$ ,
$ULA6512L:$	$SVR = 71 \text{ dB}$ .



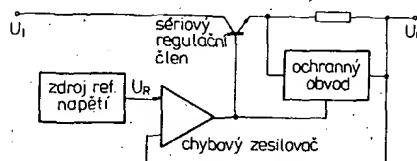
Obr. 11. Vnější provedení, rozměry a zapojení vývodů integrovaných stabilizátorů napětí UL7505L, UL7512L

dy. Velmi důležitá je však závislost přípustného ztrátového výkonu stabilizátoru na teplotě okolí. Na obr. 12 jsou uvedeny tři průběhy závislostí a to pro ideální chlazení, při chlazení chladičem s tepelným odporem 10 K/W a při provozu bez chladiče.

Funkční blokové zapojení obou typů stabilizátorů je na obr. 13. Hlavní funkční skupinu tvoří zdroj referenčního napětí a chybuvý zesilovač. V chybuvém zesilovači se porovnává referenční napětí s výstupním napětím a vytváří se řídící signál, kterým se řídí sériový regulační člen (transistor).



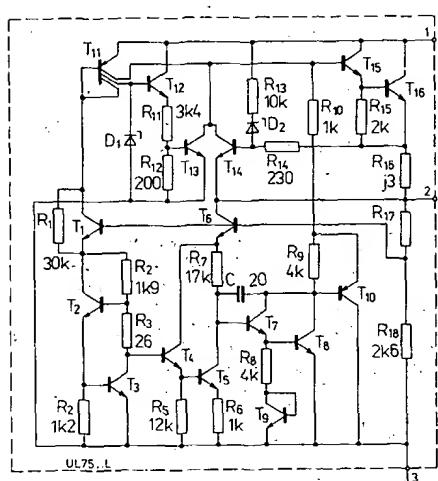
Obr. 12. Přípustný ztrátový výkon stabilizátoru napětí UL7505L, UL7512L v závislosti na teplotě okolí



Obr. 13. Funkční blokové zapojení stabilizátoru napětí UL7505L, UL7512L

zistor p-n-p) a takto se udržuje výstupní napětí na předepsané velikosti. V případě nutnosti získat větší výstupní napětí než je referenční napětí, použije se na výstupu obvodu odporný dělič. Pak se porovnává referenční napětí s napětím výstupním, zmenšeným v uvedeném obvodu.

Funkční skupina ochranných obvodů obsahuje nadprůdurovou a tepelnou ochranu. Na obr. 14 je vnitřní elektrické zapojení stabilizátoru UL7505L a UL7512L. Oba stabilizátory se navzájem odlišují pouze odporem rezistoru v obvodu výstupního děliče ( $R_{17}$ ).



Obr. 14. Vnitřní elektrické zapojení stabilizátoru napětí UL7505L, UL7512L

Základní částí stabilizátoru napětí je zdroj referenčního napětí. Konstantní výstupní stabilizované napětí závisí na stabilitě referenčního napěti. Proto je použit zdroj referenčního napěti s kompenzací napětí emitor-báze tranzistorů. Zdroj tvoří sériově zapojené přechody báze-emitor tranzistorů  $T_7$  a  $T_8$ . Protože napěti báze-emitor mají záporný tepločinný součinitel, je v sérii s přechody tranzistorů zapojen ještě rezistor  $R_7$ . Ubytek napěti na něm, způsobený proudem tranzistoru  $T_5$ , zajišťuje tepelnou kompenzaci napěti referenčního zdroje. Kompenzace je výsledkem různých tepelných součinitelů přechodů emitor-báze tranzistorů, pracujících s různými proudy. Přednost popsaného zdroje ve srovnání s jednoduchými zdroji referenčního napěti se Zenerovou diodou spočívá v poměrně malém maximálním vstupním napěti, závislém pouze na výstupním napěti a napěti nasycení sériového regulačního tranzistoru. Další předností zdroje je malý výrobní rozptyl stabilizovaného výstupního napěti ve výrobě a malé šumové napěti. Kmitočtově je obvod kompenzován vnitřním kondenzátorem C. Jeho úkolem je zabránit vzniku oscilací na výstupu stabilizátoru při připojení různě velkých zátěží.

Druhou hlavní částí stabilizátoru je chybový zesilovač. Tvoří jej tranzistory  $T_7$ ,  $T_8$  a  $T_{10}$ , které jsou rovněž součástmi zdroje referenčního napěti. Výstupní napětí je přiváděno do chybového zesilovače přes odporný dělič  $R_{17}$ ,  $R_{18}$  a tranzistor  $T_6$ . Změna tohoto napěti vyvolá změnu úbytku napěti na rezistoru  $R_7$  a tím změnu proudu tekoucího do báze tranzistoru  $T_7$ . Tranzistor  $T_7$  řídí funkci tranzistoru  $T_8$  a ten pak ovlivňuje tranzistor  $T_{10}$ .

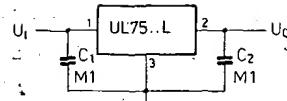
Tranzistor  $T_{10}$  řídí průtok proudu do báze  $T_{15}$  z proudového zdroje tvořeného několikakolektorovým tranzistorem  $T_{11}$  typu p-n-p. Tranzistor  $T_{15}$  spoluupracuje s tranzistorem  $T_{16}$  tak, že mění jeho napětí kolektor-emitor, což se projevuje změnou výstupního napěti. Omezovací obvod výstupního proudu (nadprůduová ochrana) je tvořen tranzistorem  $T_{14}$ , který přechází do aktivního stavu, jakmile bude úbytek napěti na rezistoru  $R_{16}$  shodný s napětím proudového omezování. Aktivní stav tranzistoru  $T_{14}$  vyvolá omezování proudu sériového tranzistoru  $T_{16}$ .

K zabezpečení činnosti sériového výstupního tranzistoru v bezpečné oblasti (zamezení sekundárního průrazu) jsou stabilizátory UL7505L a UL7512L vybaveny přídavným obvodem, složeným ze Zenerovy diody  $D_2$  a rezistoru  $R_{13}$ . Obvodem se určuje předpětí tranzistoru  $T_{14}$ , vyskytne-li se velký rozdíl napěti mezi vstupem a výstupem stabilizátoru. Výsledkem je zajistění nadprůduové ochrany při menším než běžném výstupním proudu.

Obvod tepelné ochrany tvoří dioda  $D_1$ , tranzistory  $T_{12}$ ,  $T_{13}$  a rezistory  $R_{11}$ ,  $R_{12}$ . Se vzrůstem teploty se zmenšuje napětí báze-emitor-tranzistoru  $T_{13}$ . Při stanoveném určité teplotě bude na tranzistoru takové napěti báze-emitor, že tranzistor bude buzen obvodem složeným z diody  $D_1$ , tranzistoru  $T_{12}$  a rezistoru  $R_{11}$ ,  $R_{12}$ . Aktivní tranzistor  $T_{13}$  ovlivňuje funkci  $T_{14}$ , který zmenší proud a tím i ztrátový výkon součástky. Tranzistor  $T_{11}$  plní ve stabilizátoru funkci proudového zdroje, dodávajícího proud pro jednotlivé funkční celky obvodu.

#### Doporučená zapojení

Integrované obvody UL7505L a UL7512L jsou velmi výhodné pro konstrukce jednoduchých stabilizovaných

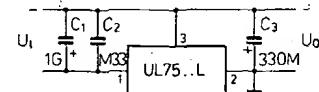


Obr. 15. Základní zapojení třísvorkového stabilizátoru kladného napětí s obvodem UL7505L, UL7512L

zdrojů napěti, určených pro napájení přístrojů číslicové techniky s obvody TTL a CMOS. Základní zapojení třísvorkového stabilizovaného zdroje napěti s obvodem UL7505L nebo UL7512L je na obr. 15. Pro zjednodušení je v tomto zapojení a všechnách následujících uváděn typ stabilizátoru jen základním znakem (např. UL75..L) bez ohledu na napěti, které má stabilizovat.

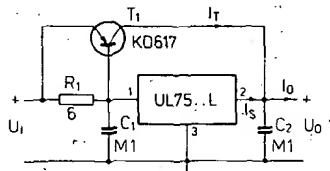
V základním zapojení nevyžaduje stabilizátor mimo kondenzátory na vstupu a výstupu žádou další vnější součástky. Kondenzátor  $C_1$  na vstupu je nutno použít tehdy, je-li stabilizační obvod vzdálen několik centimetrů od vyhlazovacího kondenzátoru filtru usměrňovacího zdroje. Kondenzátor  $C_2$  na výstupu stabilizátoru zlepšuje dynamické vlastnosti zapojení. Z hlediska potlačení nežádoucích vln se doporučuje změnit do společného bodu vstup, výstup, zemnicí vývod integrovaného obvodu a oba kondenzátory  $C_1$ ,  $C_2$ .

Integrovaný stabilizátor kladného napěti řady UL75..L lze použít i pro konstrukci zdroje záporného napěti. Základní zapojení uvedeného zdroje na na obr. 16.



Obr. 16. Základní zapojení třísvorkového stabilizátoru záporného napěti s použitím stabilizátoru UL7505L, UL7512L

Jistou nevýhodou popisovaných stabilizátorů je poměrně nevelký stabilizovaný výstupní proud, kterým lze zatěžovat vlastní stabilizační obvod. Většího zatěžovacího proudu lze dosáhnout pouze za použití přídavného výkonového tranzistoru v zapojení upraveném podle obr. 17.



Obr. 17. Rozšířené zapojení stabilizátoru napěti s obvodem UL7505L (UL7512L) o výkonový tranzistor pro zvětšení výstupního proudu

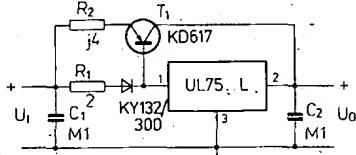
Použitý výkonový tranzistor  $T_1$  je typu p-n-p. Začíná pracovat v okamžiku, kdy začne překračovat odběr proudu maximální přípustný výstupní proud monolitického stabilizátoru. Jeho základní funkci je včas „prevzít“ nadměrný výstupní proud zapojení. Vhodnými typy tranzistorů p-n-p pro uvedený účel jsou tranzistory TESLA řady KD615 až KD617. Průtok monolitického stabilizátoru/s lze vypočítat ze vztahu

$$I_S = \frac{I_0}{1 + h_{21E}} + \frac{U_{EB}}{R_1}$$

kde je/o výstupní proud stabilizátoru,  $h_{21E}$

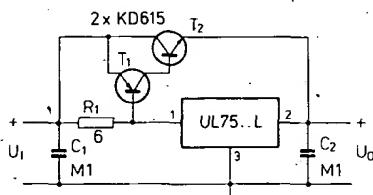
součinitel proudového zesílení tranzistoru  $T_1$ ,  $U_{EB}$  napětí emitor-báze použitého tranzistoru  $T_1$ .

Se změnou teploty podléhá změně rozdělení proudu mezi stabilizátorem a přídavným tranzistorom v důsledku tepelné nestability napětí  $U_{EB}$ . Proto je vhodné rozšířit stabilizátor o několik dalších součástek podle obr. 18, čímž se proudy rozdělí mezi obě součástky nezávisle na napětí emitor-báze.



Obr. 18. Stabilizátor napětí s obvodem UL7505L (UL7512L), výkonovým tranzistorem a kompenzační diodou pro zvětšení výstupního proudu

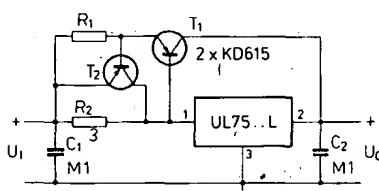
Tepelná kompenzace napětí báze-emitor tranzistoru  $T_1$  se zajišťuje pomocí diody  $D_1$ . Proud regulačního tranzistoru i monolitického stabilizátoru závisí na odporech rezistorů  $R_1$  a  $R_2$ . Není-li poručen vhodný výkonový tranzistor p-n-p pro zvětšení výstupního proudu, je možné upravit zapojení podle obr. 19 a použít



Obr. 19. Zapojení stabilizátoru napětí s obvodem UL7505L (UL7512L), rozšířeným o regulační tranzistor n-p-n

výkonový tranzistor n-p-n (např. KD501, KD3055 apod.). Tranzistor  $T_1$  je typu p-n-p, slouží k řízení výkonového tranzistoru  $T_2$ . Vhodný typ tranzistoru pro tento účel je např. KD334 nebo podobný.

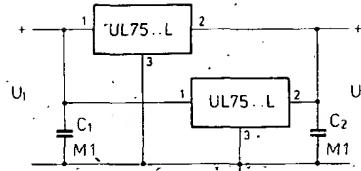
Přídavný výkonový tranzistor  $T_1$  v zapojení podle obr. 17 není nijak chráněn před poškozením v případě přetížení nebo zkratu na výstupu. Vhodnou ochranu je možné realizovat způsobem podle obr. 20. Rezistor  $R_1$  je volen tak, aby při



Obr. 20. Stabilizátor napětí s obvodem UL7505L (UL7512L) pro větší proudové zatížení s ochranou regulačního tranzistoru

překročení mezního, dovoleného proudu tranzistoru  $T_1$  sepnul tranzistor  $T_2$ . Tranzistor  $T_2$  pak v případě nadmerného proudu monolitického stabilizátoru pracuje jako nadproudová ochrana a zabezpečuje omezení proudu tranzistoru  $T_1$ .

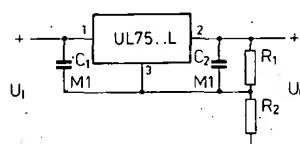
Jiný způsob, jak zvětšit výstupní proud stabilizátorů, spočívá v paralelném spojení monolitických stabilizátorů napětí podle obr. 21. Toto zapojení je sice možné, avšak pro horší spolehlivost v provozu se nedoporučuje používat.



Obr. 21. Stabilizátor napětí se dvěma paralelně spojenými obvody UL755L (UL7512L)

Někdy se požaduje při návrhu zapojení stabilizovaných zdrojů výstupní stabilizované napětí, které nemá žádný z dostupných integrovaných stabilizátorů. V tomto případě lze použít integrovaný stabilizátor s menším výstupním napětím a na jeho výstupu se použije odporový dělič podle zapojení na obr. 22. Výstupní napětí stabilizátoru se pak vypočte podle vztahu

$$U_0 = U_{2/3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_0 R_2,$$



Obr. 22. Zapojení s větším výstupním stabilizovaným napětím než má integrovaný stabilizátor (s odporovým děličem na výstupu)

kde  $U_{2/3}$  je výstupní napětí monolitického stabilizátoru na jeho svorkách 2 a 3,  $I_0$  je klidový proud monolitického stabilizátoru. Proud protékající rezistorem  $R_1$  musí být větší než proud stabilizátoru  $I_0$ , čímž se potlačí vliv změn proudu  $I_0$  v případě změny zatěžovacího proudu nebo výstupního napětí. Odpor rezistorů  $R_1$  a  $R_2$  lze vypočítat ze vztahu

$$R_1 = \frac{U_{2/3}}{I_{R1}},$$

$$R_2 = \frac{U_0 - U_{2/3}}{I_{R1} + I_0}.$$

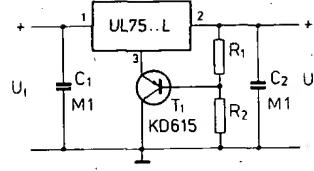
Za předpokladu, že  $I_{R1} = 5I_0$  pak bude

$$R_1 = \frac{U_{2/3}}{5I_0},$$

$$R_2 = \frac{U_0 - U_{2/3}}{6I_0}.$$

Popsaný obvod má však základní nedostatek – málo stabilní výstupní napětí, což je způsobeno změnami klidového proudu při změnách zátěže, změnách výstupního napětí a změnách teploty. Do jisté míry lze málo stabilní výstupní napětí zlepšit použitím rezistorů  $R_1$  a  $R_2$  s co nejmenšími odpory. Tím se ovšem zvětší proudové zatížení výstupu a zhoršíuje účinnost zapojení.

Použije-li se v zapojení podle obr. 22 místo dvou pevných rezistorů  $R_1$  a  $R_2$  výkonový rezistor s proměnným odpo-



Obr. 24. Stabilizátor napětí s větším výstupním napětím než má integrovaný stabilizátor (s přídavným tranzistorem a odporovým děličem)

rem, bude na výstupu stabilizačního zapojení řiditelné napětí.

Na obr. 23 je zapojení, kterým lze zvětšit výstupní napětí monolitického stabilizátoru. Vliv klidového proudu integrovaného obvodu je u tohoto typu stabilizátoru podstatně menší než u zapojení podle obr. 22. Výsledné výstupní napětí je dáno součtem napětí monolitického stabilizátoru a napětí Zenerovy diody, zapojené v obvodu zemnicího vývodu integrovaného obvodu. Použitá Zenerova dioda má mit co nejméně teplotní součinitel.

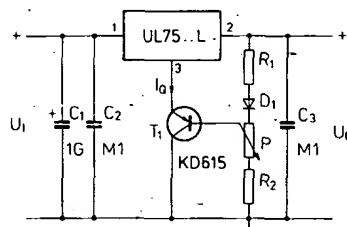
Jiný způsob, kterým lze dosáhnout většího výstupního napětí než má monolitický stabilizátor, je uveden na obr. 24. Výstupní napětí zapojení je dáno vztahem

$$U_0 = (U_{2/3} + U_{BE}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2 I_0}{h_{21E}},$$

kde  $U_{2/3}$  je napětí mezi výstupní a vstupní svorkou integrovaného obvodu,  $U_{BE}$  napětí báze-emitor tranzistoru  $T_1$ ,  $h_{21E}$  proudový zesilovací činitel tranzistoru  $T_1$ .

Vliv změn klidového proudu monolitického stabilizátoru na výstupní napětí je u popsaného zapojení tolerovat zmenšen, kolik činí součinitel  $h_{21E}$ . Vždy se však i v tomto případě uplatňuje jistý vliv teploty na výstupní napětí v důsledku změny napětí báze-emitor použitého tranzistoru, kterou v praxi nelze dostatečně účinně kompenzovat.

Cástečně lze teplotní změnu napětí báze-emitor kompenzovat pomocí sériově zapojené diody  $D_1$  s rezistorem  $R_1$  v zapojení podle obr. 25. Je-li na výstupu



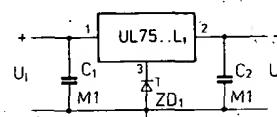
Obr. 25. Zapojení stabilizátoru napětí s teplonou kompenzací a regulací výstupního stabilizovaného napětí

potřebné regulovatelné výstupní napětí, je možné upravit dělič vložením potenciometru  $P$ , kterým se nastavuje výstupní napětí.

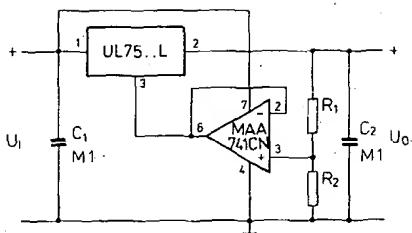
Jiný způsob zvětšení napětí monolitického stabilizátoru využívá operačního zesilovače typu MAA741CN v zapojení podle obr. 26. Výstupní napětí je dáno vztahem

$$U_0 = U_{2/3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right).$$

Použije-li se místo pevných rezistorů  $R_1$  a  $R_2$  ve výstupním děliči potenciometr



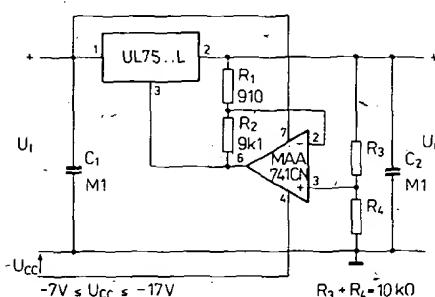
Obr. 23. Zapojení s větším výstupním stabilizovaným napětím než má integrovaný stabilizátor (se Zenerovou diodou)



Obr. 26. Stabilizátor s větším výstupním napětím než má integrovaný obvod ve spojení s operačním zesilovačem

10 kΩ, lze výstupní napětí reguloval v širokém napěťovém rozsahu.

V popsancích příkladech použití byla uvedena zapojení, jimiž je možno zvětšit výstupní napětí stabilizačního zapojení nad napětí integrovaného stabilizátoru. Maximální napětí, které lze takto získat, nemůže překročit přípustný rozdíl vstupního a výstupního napětí na integrovaném obvodu. Navrhovat lze rovněž stabilizační zapojení s menším výstupním napětím, než jaké má integrovaný obvod. Rovněž lze použít přídavný zdroj záporného napěti pro napájení operačního zesilovače (např. MAA741 nebo pod.) v zapojení podle obr. 27. Výstupní napětí zapojení je pak dán

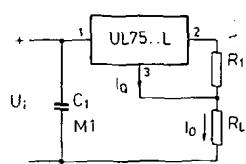


Obr. 27. Stabilizátor s menším výstupním napětím než má integrovaný obvod ve spojení s operačním zesilovačem

$$U_0 = U_{2/3} \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \left( \frac{R_3 + R_4}{R_3} \right).$$

Použitím potenciometru 10 kΩ místo pevných rezistorů R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> lze získat regulačně výstupní napětí v rozsahu od 0,5 V do téměř dvojnásobku jmenovitého napětí integrovaného obvodu za předpokladu, že vstupní napětí bude v rozsahu 13 až 25 V, záporné napájecí napětí operačního zesilovače v rozsahu -7 až -17 V.

Pomocí stabilizátoru pevného napětí lze konstruovat rovněž zapojení stabilizátoru proudu. Nejjednodušší příklad zapojení prouduového stabilizátoru je na obr. 28. Výstupní stabilizovaný proud je dán vztahem

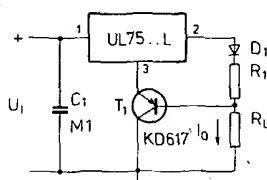


Obr. 28. Zapojení stabilizátoru proudu s integrovaným stabilizátorem napětí UL7505L

$$I_0 = \frac{U_{2/3}}{R_1} + I_0$$

Výstupní proud je stabilizován udržováním konstantního napětí na odporu R<sub>1</sub>. Jak je patrné z uvedeného vztahu pro určení stabilizovaného proudu, může se výstupní proud měnit ovlivňováním klidového proudu I<sub>0</sub> v závislosti na změně vstupního napětí nebo změně teploty. Uvedená vlastnost se uplatňuje při práci prouduového stabilizátoru, který pracuje s malými proudy.

Zapojení prouduového stabilizátoru, který nemá výše uvedenou vlastnost, je navrženo na obr. 29. Zatěžovací proud tohoto zapojení je dán vztahem

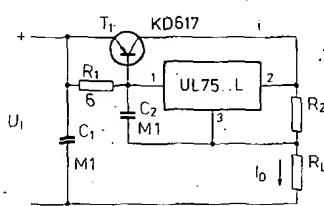


Obr. 29. Stabilizátor proudu s malým vlivem změn klidového proudu na zatěžovací proud

$$I_0 = \frac{U_{2/3}}{R_1} + \frac{I_0}{h_{21E}}$$

V navrženém zapojení se podstatně méně uplatňuje vliv změn klidového proudu integrovaného obvodu na vlastnosti stabilizátoru. Navíc je zde použito tepelné kompenzace napětí báze-emitor tranzistoru T<sub>1</sub>, diodou D<sub>1</sub>. Popsané zapojení má velkou přednost v tom, že udržuje konstantní proud bez ohledu na zatěžení a to i v případě, že zatěžovací odpor je nulový (pracuje do zkratu). V prouduových stabilizátorech se však doporučuje používat integrované obvody, jejichž výstupní napětí není větší než 5 V. Tím se dosáhne velké provozní spolehlivosti zdroje.

Z hlediska konstrukčního je možné projektovat prouduové stabilizátory, jejichž výstupní proud je větší než přípustný proud integrovaných obvodů řady UL75..L. Návrh vhodného zapojení je na obr. 30. Nadměrný výstupní proud přejímá

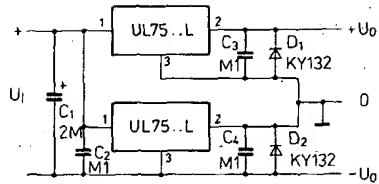


Obr. 30. Stabilizátor proudu s přídavným tranzistorem pro zvětšení prouduového zatěžení

přídavný tranzistor T<sub>1</sub> typu p-n-p, který tak spolupracuje s integrovaným stabilizátorem.

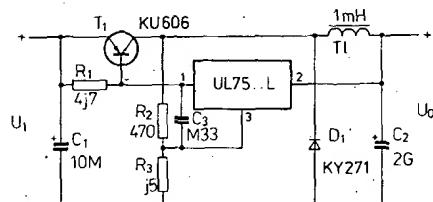
Většina operačních zesilovačů a řada analogových obvodů vyžaduje napájení dvěma symetrickými napětmi. K tomuto účelu je vhodné použít dva integrované obvody řady UL75..L a zapojit je podle obr. 31. Horní stabilizátor stabilizuje kladné výstupní napětí, dolní stabilizátor napětí záporné. Diody D<sub>1</sub> a D<sub>2</sub> slouží jako ochrana při připojování zátěže mezi výstupem U<sub>0</sub> a -U<sub>0</sub>.

Integrované stabilizátory lze rovněž použít při konstrukci impulsních stabi-



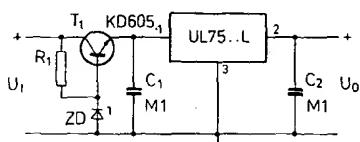
Obr. 31. Symetrický stabilizátor kladného a záporného napětí se dvěma obvody UL7505L, UL7512L

zátorů, které mají větší účinnost než zapojení stabilizátorů s trvalým zatížením. Typický příklad zapojení impulsního stabilizátoru s integrovaným obvodem UL75..L je na obr. 32.



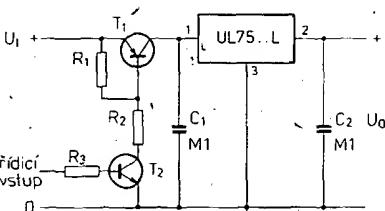
Obr. 32. Impulsní stabilizátor napětí s integrovaným obvodem UL7505L, UL7512L

Zapojení kmitá zavedením kladné zpětné vazby. Tranzistor T<sub>1</sub> pracuje jako přepínač. Přechází ze stavu klidu do nasyceného stavu. Odporný dělič R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> uzavírá smyčku zpětné vazby. Součástky D<sub>1</sub>, L<sub>1</sub> a C<sub>2</sub> tvoří jednoduchý filtraci obvod. Na integrované obvody UL7505L a UL7512L podobně jako mnoha jiných monolitických stabilizátorů lze přivádět stejnosměrné výstupní napětí maximálně 35 V. Pouze v některých případech lze použít napětí poněkud větší. Vždy se však musí integrovanému obvodu předřadit srážecí obvod, který upraví vstupní napětí na potřebnou velikost. Návrh zapojení pro uvedený účel je na obr. 33. Největší přípustné vstupní napětí se pak může podstatně zvětšit. Skutečnou velikost určuje napětí použité Zenerovy diody.



Obr. 33. Zapojení stabilizátoru napětí upravené pro použití se zdrojem většího napětí než je přípustné vstupní napětí použitého integrovaného obvodu UL7505L, UL7512L

Na obr. 34 je uvedeno zapojení stabilizátoru, jehož zapínání a vypínání se může řídit vnějším signálem např. signálem číslicové logiky TTL. Přivedením signálu s velkou úrovni na vstup tranzistoru T<sub>2</sub> se

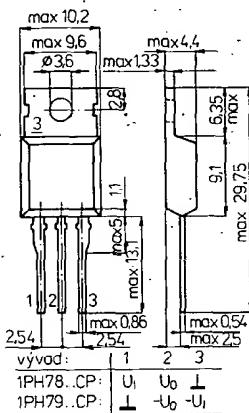


Obr. 34. Stabilizátor napětí s obvodem UL7505L, UL7512L, řízeným vnějším napětím

tranzistor sepne a vybudí tranzistor T<sub>1</sub>. Na výstupu stabilizátoru bude stabilizované napětí. Logický signál s malou úrovní opět stabilizátor vypne. Výrobci integrovaných stabilizačních obvodů publikují velmi mnoho dalších příkladů použití. Řada z nich byla publikována i v naší literatuře, na mnohé úpravy přidou konstruktéři sami, protože stabilizační integrované obvody jsou po stránce konstrukční velmi pružné, nenáročné a spolehlivé. Proto se hodí pro přístroje spotřební i průmyslové elektroniky. Nakonec ještě jedno upozornění: Nikdy na integrované stabilizátory nepřivádějte střídavé napětí! V těchto případech se stabilizátor spolehlivě brzy zničí.

### Stabilizátory pevného kladného napětí, 1PH7805CP až 1PH7815CP

Integrované obvody řady 1PH7800CP jsou stabilizátory pevného kladného napětí 5 V, 8 V, 12 V a 15 V, určené jako regulátory napětí v přístrojích spotřební a průmyslové elektroniky. Jejich výrobcem je bulharský podnik na výrobu polovodičových součástek NPSK v Botevgradu. Regulátory jsou v plastovém pouzdro typu K14. (obdoba TO-220), jehož provedení - a hlavní vnější rozměry jsou patrné z obr. 35. Typový znak bulharských stabilizátorů je odvozen od označení původního typu firmy Fairchild (řada 7800).



Obr. 35. Vnější provedení pouzdra, hlavní rozměry a zapojení vývodů stabilizátorů kladného a záporného napětí řady 1PH7800CP, 1PH7900CP

Poslední dvě číslice typového znaku udávají výstupní stabilizované napětí (7805 = kladné výstupní napětí 5 V).

Zapojení vývodů stabilizátorů: 1 – vstupní napětí U<sub>1</sub>, 2 – výstupní napětí stabilizované U<sub>o</sub>, 3 – zemnící bod. S vývodem č. 3 je vodivě spojeno chladičí křídlo, zalisované v plastovém pouzdro. Stabilizátory kladného napětí mají integrovanou teplotní ochranu, ochranu proti proudu výšmu přetížení a proti zkratu na výstupu, což vše zajišťuje velkou spolehlivost v provozu. Vnitřní elektrické zapojení stabilizátorů řady 1PH7800 je na obr. 36.

Z hlediska použití jsou popisované stabilizátory nenáročné a platí pro ně všechna pravidla a příklady použití jako pro regulátory polské výroby Unitra řady UL7500L, příp. stabilizátorů TESLA řady MA7800. Očíslovaný vývodů stabilizátorů je shodné s číslováním vývodů stabilizátorů v kovovém pouzdru TO-3. Za předpokladu, že se stabilizátory opatří vhodnými chladiči, mohou se zatěžovat výstupním proudem až do 2,2 A. Vždy se však musí dodržovat maximální přípustný ztrátový

### Elektrické údaje 1PH7805CP, 1PH7808CP, 1PH7812CP, 1PH7815CP

#### Mezní údaje

Výstupní napětí:	$U_1 = 35 \text{ V}$
Výstupní proud:	$I_0 = 2,2 \text{ A}$
Ztrátový výkon celkový:	$P_{\text{tot}} = 15 \text{ W}$
Teplotní odpor přechod – pouzdro:	$R_{\text{thj,c}} = 5 \text{ K/W}$
Teplotní odpor přechod – okolí:	$R_{\text{thj,a}} = 65 \text{ K/W}$
Teplota přechodu:	$\vartheta_j = 0 \text{ až } 125^\circ\text{C}$
Teplota okolí:	$\vartheta_a = 0 \text{ až } 70^\circ\text{C}$
Teplota při skladování:	$\vartheta_{\text{stg}} = -55 \text{ až } +150^\circ\text{C}$

#### Charakteristické údaje ( $\vartheta_a = 25 \pm 5^\circ\text{C}$ )

Výstupní stabilizované napětí	$U_0 = \text{jmen. } 5,0; 4,8 \text{ až } 5,2 \text{ V}$
$U_1 = 10 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7805\text{CP}$ :	$U_0 = \text{jmen. } 8,0; 7,7 \text{ až } 8,3 \text{ V}$
$U_1 = 14 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7808\text{CP}$ :	$U_0 = \text{jmen. } 12; 11,5 \text{ až } 12,5 \text{ V}$
$U_1 = 19 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7812\text{CP}$ :	$U_0 = \text{jmen. } 15; 14,4 \text{ až } 15,6 \text{ V}$
$U_1 = 23 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7815\text{CP}$ :	

#### Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na výstupním napětí ( $U_0 = 0,5 \text{ A}$ )

$U_1 = 7 \text{ V až } 25 \text{ V}, 1\text{PH}7805\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 100 \text{ mV}$
$U_1 = 8 \text{ V až } 12 \text{ V}, 1\text{PH}7805\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 50 \text{ mV}$
$U_1 = 10,5 \text{ V až } 25 \text{ V}, 1\text{PH}7808\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 160 \text{ mV}$
$U_1 = 11 \text{ V až } 17 \text{ V}, 1\text{PH}7808\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 80 \text{ mV}$
$U_1 = 14,5 \text{ až } 30 \text{ V}, 1\text{PH}7812\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 240 \text{ mV}$
$U_1 = 16 \text{ V až } 22 \text{ V}, 1\text{PH}7812\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 120 \text{ mV}$
$U_1 = 17,5 \text{ až } 30 \text{ V}, 1\text{PH}7815\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 300 \text{ mV}$
$U_1 = 20 \text{ V až } 26 \text{ V}, 1\text{PH}7815\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 150 \text{ mV}$

#### Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na zatěžovacím proudu

$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, U_1 = 10 \text{ V}, 1\text{PH}7805\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 100 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, U_1 = 10 \text{ V}, 1\text{PH}7805\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 50 \text{ mV}$
$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, U_1 = 14 \text{ V}, 1\text{PH}7808\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 160 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, U_1 = 14 \text{ V}, 1\text{PH}7808\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 80 \text{ mV}$
$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, U_1 = 19 \text{ V}, 1\text{PH}7812\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 240 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, U_1 = 19 \text{ V}, 1\text{PH}7812\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 120 \text{ mV}$
$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, U_1 = 23 \text{ V}, 1\text{PH}7815\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 300 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, U_1 = 23 \text{ V}, 1\text{PH}7815\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 150 \text{ mV}$

#### Výstupní klidový proud

$U_1 = 25 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7805\text{CP}, 1\text{PH}7808\text{CP}$ :	$I_{\text{B}} \leq 10 \text{ mA}$
$U_1 = 30 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7812\text{CP}, 1\text{PH}7815\text{CP}$ :	$I_{\text{B}} \leq 10 \text{ mA}$

### Elektrické údaje 1PH7905CP, 1PH7908CP, 1PH7912CP, 1PH7815CP

#### Mezní údaje

Výstupní napětí:	$-U_1 = 35 \text{ V}$
Výstupní proud:	$I_0 = 2,2 \text{ A}$
Ztrátový výkon celkový:	$P_{\text{tot}} = 15 \text{ W}$
Teplotní odpor přechod – pouzdro:	$R_{\text{thj,c}} = 5 \text{ K/W}$
Teplotní odpor přechod – okolí:	$R_{\text{thj,a}} = 65 \text{ K/W}$
Teplota přechodu:	$\vartheta_j = 0 \text{ až } 125^\circ\text{C}$
Teplota okolí:	$\vartheta_a = 0 \text{ až } 70^\circ\text{C}$
Teplota při skladování:	$\vartheta_{\text{stg}} = -55 \text{ až } +150^\circ\text{C}$

#### Charakteristické údaje ( $\vartheta_a = +25 \pm 5^\circ\text{C}$ )

Výstupní stabilizované napětí	$-U_0 = \text{jmen. } 5,0; 4,8 \text{ až } 5,2 \text{ V}$
$-U_1 = 10 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7905\text{CP}$ :	$-U_0 = \text{jmen. } 8,0; 7,7 \text{ až } 8,3 \text{ V}$
$-U_1 = 14 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7908\text{CP}$ :	$-U_0 = \text{jmen. } 12; 11,5 \text{ až } 12,5 \text{ V}$
$-U_1 = 19 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7912\text{CP}$ :	$-U_0 = \text{jmen. } 15; 14,4 \text{ až } 15,6 \text{ V}$
$-U_1 = 23 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7915\text{CP}$ :	

#### Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na výstupním napětí

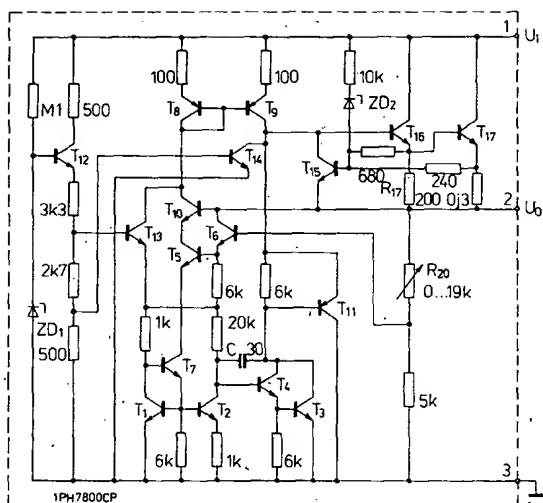
$-U_1 = 7 \text{ V až } 25 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7905\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 100 \text{ mV}$
$-U_1 = 8 \text{ V až } 12 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7905\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 50 \text{ mV}$
$-U_1 = 10,5 \text{ V až } 25 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7908\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 160 \text{ mV}$
$-U_1 = 11 \text{ V až } 17 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7908\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 80 \text{ mV}$
$-U_1 = 14,5 \text{ V až } 30 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7912\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 240 \text{ mV}$
$-U_1 = 16 \text{ V až } 22 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7912\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 120 \text{ mV}$
$-U_1 = 17,5 \text{ V až } 30 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7915\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 300 \text{ mV}$
$-U_1 = 20 \text{ V až } 26 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7915\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(U_1)} \leq 150 \text{ mV}$

#### Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na zatěžovacím proudu

$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, -U_1 = 10 \text{ V}, 1\text{PH}7905\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 100 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, -U_1 = 10 \text{ V}, 1\text{PH}7905\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 50 \text{ mV}$
$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, -U_1 = 14 \text{ V}, 1\text{PH}7908\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 160 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, -U_1 = 14 \text{ V}, 1\text{PH}7908\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 80 \text{ mV}$
$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, -U_1 = 19 \text{ V}, 1\text{PH}7912\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 240 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, -U_1 = 19 \text{ V}, 1\text{PH}7912\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 120 \text{ mV}$
$I_0 = 5 \text{ mA až } 1,5 \text{ A}, -U_1 = 23 \text{ V}, 1\text{PH}7915\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 300 \text{ mV}$
$I_0 = 250 \text{ mA až } 750 \text{ mA}, -U_1 = 23 \text{ V}, 1\text{PH}7915\text{CP}$ :	$\Delta U_{0(I_0)} \leq 150 \text{ mV}$

#### Výstupní klidový proud

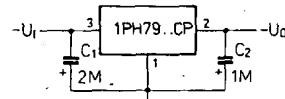
$-U_1 = 10 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7905\text{CP}$ :	$I_{\text{B}} \leq 2 \text{ mA}$
$-U_1 = 14 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7908\text{CP}$ :	$I_{\text{B}} \leq 2 \text{ mA}$
$-U_1 = 19 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7912\text{CP}$ :	$I_{\text{B}} \leq 3 \text{ mA}$
$-U_1 = 23 \text{ V}, I_0 = 0,5 \text{ A}, 1\text{PH}7915\text{CP}$ :	$I_{\text{B}} \leq 3 \text{ mA}$



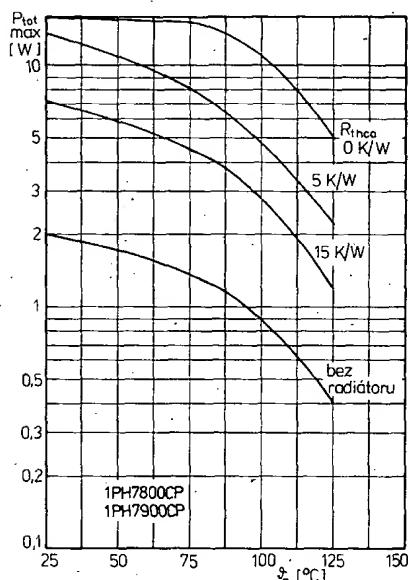
Obr. 36. Vnitřní elektrické zapojení integrovaných stabilizátorů napětí řady 1PH7800CP

#### **Doporučená zapojení**

Základní nejjednodušší zapojení stabilizátoru pevného záporného napětí s integrovaným obvodem řady 1P7900CP je na obr. 39. Na vstupu a výstupu integrovaného obvodu se však volí vyhlažovací kondenzátory  $C_1$  (2  $\mu F$ ) a  $C_2$  (1  $\mu F$ ) větších kapacit. Změna kapacity kondenzátorů je dána odlišnou strukturou vnitřního elektrického zapojení stabilizátorů. Konden-



Obr. 39. Základní zapojení stabilizátoru pevného záporného napětí s obvodem řady 1PH7900CP



Obr. 37. Závislost největšího přípustného ztrátového výkonu integrovaných stabilizátorů řady 1PH7800CP, 1PH7900CP na teplotě okolí pro chlazení různými chladiči

výkon integrovaného obvodu v závislosti na teplotě okolí. Tato závislost je na obr. 37 pro různé tepelné odpory použitých chladičů.

#### **Stabilizátory pevného záporného napětí 1PH7905CP až 1PH7915CP**

**Integrované stabilizátory záporného napětí řady 1PH7900CP s jmenovitým stabilizovaným výstupním napětím  $-5\text{ V}$ ,  $-8\text{ V}$ ,  $-12\text{ V}$  a  $-15\text{ V}$  bulharské výroby závodu NPSK v Botevgradu jsou prvními součástkami tohoto typu na trhu zemí RVHP. Lze je používat samostatně ve zdrojích záporného napětí, ale též jako doplňkové součástky se stabilizátory kladného napětí řady 1PH7800CP, případně podobnými stabilizátory.**

Regulátory jsou rovněž v plastovém pouzdro typu K14 (obdoba TO-220) stejných rozměrů jako předchozí řada. Pozor však na zapojení vývodů, které je proti

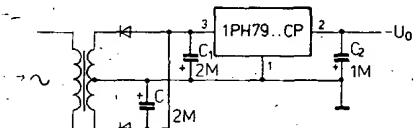
regulátorům kladného napětí odlišné. Zapojení vývodů stabilizátorů záporného napětí: 1 - zemnický bod, 2 - výstupní stabilizované napětí  $-U_0$ , 3 - vstupní napětí  $-U$ . S vývodem č. 3 je i zde vodivě propojeno chladič křídlo, zalisované v plastovém pouzdro. Pozor proto při montáži na chladič. Integrovaný obvod se musí montovat buď izolovaně na společný chladič nebo chladič samostatně izolovat od kladného zdroje a zemnického rozvodu.

Podobně jako stabilizátory kladného napětí i tato řada stabilizátorů záporného napětí je vybavena ochranou proti tepelnému přetížení, ochranou proti přetížení nadmerným výstupním proudem a ochranou proti zkratu na výstupu. Vnitřní elektrické zapojení stabilizátorů řady 1PH7900 je na obr. 38. Výstupním stabilizovaným proudem se smí integrovaný obvod zatěžovat až do 2,2 A za předpokladu použití správně zvoleného a provedeného chladiče. Vždy je nutné se ředit závislostí zatěžovacího výkonu obvodu na teplotě okolí, která je na obr. 37 (společná pro regulátory kladného napětí 1PH7800

Technika provozních zapojení stabilizátorů záporných napětí je obdobná jako u stabilizátorů kladných napětí. Některé součástky se však musí volit poněkud jinak, příp. zapojení vhodně upravit. Celou problematiku blíže objasní dálé uvedené příklady použití.

zátoru na vstupu a výstupu se doporučuje používat keramické nebo tantalové z důvodu velmi dobrých vysokofrekvenčních vlastností. Použijí-li se pro nedostatek tantalových kondenzátorů kondenzátoře hliníkové elektrolytické, musí se jejich kapacity volit  $10 \mu F$  nebo větší. Kondenzátory se musejí montovat s co nejkratšími vývody a, pokud je to možné, přímo na vývody integrovaného obvodu nebo co nejbliže k nim..

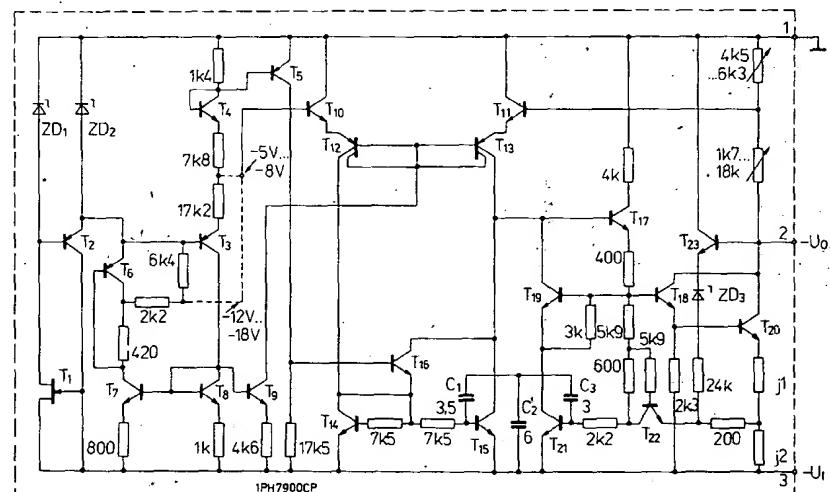
Zapojení stabilizátoru záporného napětí, který je napájen dvoucestným usměrňovačem, je na obr. 40. V tomto



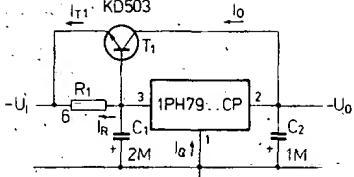
Obr. 40. Stabilizátor záporného napětí s obvodem řady 1PH7900CP s napájením dvoucestným usměrňovačem

případě nestačí použít jen jeden vstupní kondenzátor  $C_1$ . Obdobně se musí upravit výstup druhé větve usměrňovacího zdroje.

Stabilizátor záporného napětí se zvýšeným zatížovacím proudem se doporučuje konstruovat podle zapojení na obr. 41. K rozšíření stabilizátoru je vhodný tranzistor n-p-n typu KD503, při menších napěťích typy KD501 či KD502, příp. nový typ KD3055. Odpor rezistoru  $R_1$  se vypočte podle vztahu:



Obr. 38. Vnitřní elektrické zapojení stabilizátorů záporného napětí řady 1PH7900CP



Obr. 41. Zapojení stabilizátoru záporného napětí se zvětšeným zatěžovacím proudem než má použitý obvod 1PH7900CP

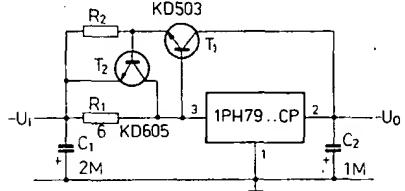
$$R_1 = \frac{U_{BE}}{I_R}$$

kde  $U_{BE}$  je napětí báze-emitor použitého tranzistoru,  $I_R$  je proud regulátoru, který protéká rezistorem  $R_1$ .

Klidový proud regulátoru silně závisí na proudovém zesilovacím činiteli použitého tranzistoru  $T_1$ . Platí pro něj závislost

$$I_Q = h_{21E} (T_1) / R_1$$

Stabilizátor rozšířený o výkonový tranzistor a tranzistorovou ochranu výstupu proti zkratu je na obr. 42. Jako výkonová součástka slouží opět tranzistor  $T_1$  typu



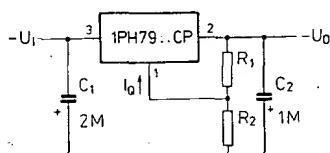
Obr. 42. Stabilizátor záporného napětí pro větší proudové zatížení s ochranou proti zkratu

KD503 (přip. typ s menším napětím kolektoru), jako ochranný tranzistor  $T_2$  je vhodný typ v provedení n-p-n s menším ztrátovým výkonem (např. KD605, KD333 apod.). Ochranný rezistor ve vývodu emitoru tranzistoru  $T_1$  se vypočte podle vztahu

$$R_2 = \frac{U_{BE(T2)}}{I_R}$$

kde  $U_{BE}$  je napětí báze-emitor tranzistoru  $T_2$ ,  $I_R$  proud protékající rezistorem  $R_2$ .

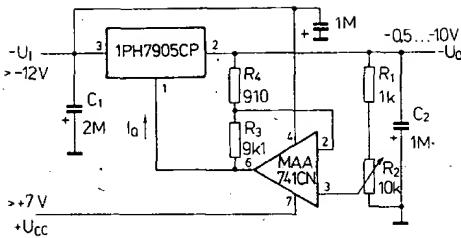
Stabilizátor záporného napětí s výstupním napětím větším než má použitý integrovaný obvod je na obr. 43. Zapojení, které je obdobou základního zapojení



Obr. 43. Zapojení stabilizátoru záporného napětí s vyšším výstupním napětím než má integrovaný obvod

stabilizátoru, je rozšířeno o odporový dělič  $R_1$ ,  $R_2$ , na jehož střed se připojí zemní vývod integrovaného obvodu. Výstupní napětí se vypočte podle

$$-U_O = U_{2/1} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_Q R_2$$



Obr. 44. Stabilizátor záporného napětí s integrovaným obvodem 1PH7905CP, které lze řídit v rozsahu od -0,5 do -10 V

Úbytek napětí na rezistoru  $R_2$  zvětšuje výstupní napětí na požadovanou velikost. Použije-li se místo pevných rezistorů  $R_1$ ,  $R_2$  rezistor s proměnným odporem, lze plynule regulovat výstupní napětí.

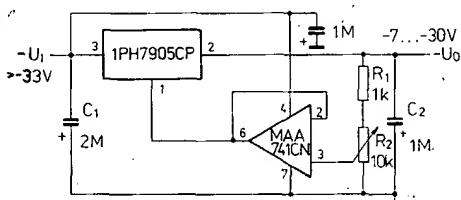
Zajímavé je zapojení stabilizátoru záporného napětí s integrovaným obvodem 1PH7905CP podle obr. 44, který pracuje ve spojení s operačním zesilovačem MAA741CN. Jeho výstupní napětí lze plynule řídit potenciometrem  $R_2$  v rozsahu od -0,5 do -10 V. Pracovní regulační rozsah napětí na výstupu je podmíněn napájecím napětím, které musí být větší než -12 V, druhé napájecí napětí operačního zesilovače větší než +7 V. Je to další ze zapojení, když získat nestandardní výstupní stabilizované napětí při daném typu integrovaného obvodu, který máme k dispozici. Napětí, získané na proměnném odporu  $R_2$ , se připočítává k regulovanému výstupnímu napětí  $U_{2/1}$  na svorkách integrovaného obvodu. Použije-li se integrovaný obvod s výstupním napětím 5 V, určí se výstupní stabilizované napětí podle vztahu

$$-U_O = U_{2/1} \frac{R_2}{11R_1}$$

nebo po zjednodušení

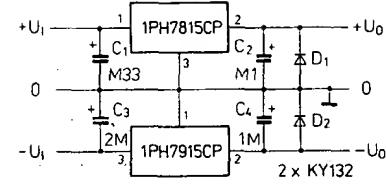
$$-U_O = 0,45 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Upravené zapojení stabilizátoru záporného napětí podle obr. 45, které rovněž pracuje s obvodem 1PH7905CP a operačním zesilovačem MAA741, lze použít tam, kde potřebujeme velký rozsah regulačného záporného napětí. V našem případě je to rozsah -7 V až -30 V za podmínky, že vstupní napájecí napětí bude větší než -33 V.



Obr. 45. Stabilizátor záporného napětí s integrovaným obvodem 1PH7905CP, které lze řídit v rozsahu od -7 do -30 V

K napájení operačních zesilovačů či jiných analogových obvodů se vyžadují obvykle dva zdroje napětí opačné polarity. Tento požadavek lze velmi elegantně řešit konstrukcí zdroje kladného a záporného napětí, který využívá vlastnosti integrovaných stabilizátorů pevného kladného napětí řady 1PH7800CP a záporného napětí řady 1PH7900CP. Zapojení podle obr. 46 používá integrované obvody s jmenovitým výstupním napětím +15 V a -15 V, které se nejčastěji používají k napájení

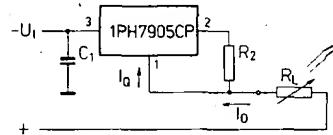


Obr. 46. Stabilizátor kladného a záporného napětí ±15 V pro zatížení proudem do 1 A, vhodný pro napájení operačních zesilovačů

operačních zesilovačů běžných typů. Ze zdroje lze odebrat stabilizovaný proud do 1 A. Stejným způsobem lze konstruovat zdroje s nesymetrickými napětími volbou integrovaných obvodů s odlišnými výstupními napětími (např. +12 V, -5 V apod.).

Diody KY132 připojené ve zpětném smíru na obou výstupech nejsou nutné v případě trvale připojené zátěže vůči zemi. Je-li zátěž připojena mezi oba výstupy, může v okamžiku připojení zátěže dojít k přetížení a poškození jednoho ze zdrojů a to zvláště tehdy, kdy se vstupní napětí jednoho regulátoru zvětší rychleji než regulátoru druhého. Diody, které zabezpečují vhodný průběh startu regulátorů, jsou rovněž ochránou proti „parazitnímu“ chování stabilizačního zapojení při vypínání zdroje. Diody se mají volit tak, aby jejich přípustný propustný proud činil nejméně polovinu výstupního proudu zdroje. Velmi dobré vyhoví diody řady KY132 s nejmenším závěrným napětím nebo dovážené diody řady 1N4001, 1N4002 či podobné.

Podobně jako s regulátory kladného napětí lze i s regulátory záporného napětí konstruovat regulátory konstantního (záporného) proudu. Nejjednodušší zapojení je uvedeno na obr. 47. Výstupní proud se vypočte ze vztahu



Obr. 47. Základní zapojení regulátoru konstantního proudu s obvodem 1PH79...CP

$$I_O = \frac{U_{2/1}}{R_1} + I_Q$$

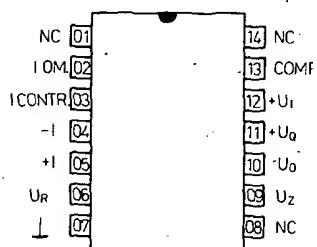
kde  $U_{2/1}$  je výstupní napětí integrovaného obvodu. Vstupní napájecí napětí musí být dostatečně větší, neboť musí vyrovnat úbytek napětí na proudovém regulátoru. V žádném případě však nesmí napájecí napětí překročit maximální dovolené vstupní napětí použitého integrovaného obvodu.

### Přesný stabilizátor napětí, UL7523N

Monolitický integrovaný obvod UL7523N polské výroby Unitra-CEMI je přesný stabilizátor napětí, který lze použít v napájecích zdrojích kladného i záporného regulovatelného napětí. Obvod se vyznačuje ve vhodném zapojení možností regulovat výstupní napětí od 2 V do

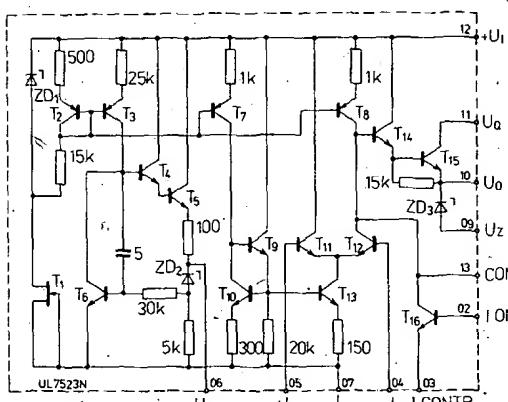
37 V, má tepelně kompenzovaný zdroj referenčního napětí, který zaručuje velmi dobré tepelné vlastnosti stabilizovaného zdroje, výstupní proud obvodu je vnitřně omezován v případě přetížení. Obvod může pracovat s vnějšími výkonovými tranzistory, kterými lze zvětšit zatěžovací proud stabilizovaného zdroje. S obvodem UL7523N lze konstruovat napájecí zdroje napěťové i proudové.

Stabilizátor napětí UL7523N se dodává v plastovém pouzdru DIL-14 s 2x sedmi vývody ve dvou řadách (pouzdro CEMI typu CE70). Vývody: 1 – nezapojen, 2 – proudové omezení, 3 – proudové řízení, 4 – invertující vstup, 5 – neinvertující vstup, 6 – zdroj referenčního napětí, 7 – zemnící bod, 8 – nezapojen, 9 – výstup přes Zenerovu diodu, 10 – výstupní stabilizované napěti, 11 – napájení výstupního tranzistoru (vývod kolektoru), 12 – vstupní nestabilizované napájeci napěti, 13 – kmitočtová kompenzace, 14 – nezapojen. Zapojení vývodů stabilizátoru je na obr. 48.



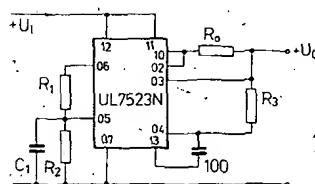
Obr. 48. Zapojení vývodů stabilizátorů UL7523N, 1PH723P, 1PH723CP

Vnitřní elektrické zapojení stabilizátoru UL7523N je na obr. 49. Mezní a charakteristické údaje obsažené v tabulce se vzta-



údaje UL7523N

Mezní údaje ( $\theta_a = +25^\circ\text{C}$ )	
Vstupní napětí:	$U_1 = 40 \text{ V}$ .
Ztrátový výkon celkový:	$P_{\text{tot}} = 700 \text{ mW}$ .
Rozsah provozních teplot okolí:	$\theta_a = 0 \text{ až } +70^\circ\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\theta_{\text{stg}} = -40 \text{ až } +125^\circ\text{C}$ .
Charakteristické údaje ( $\theta_a = +25^\circ\text{C}$ )	
Vstupní napájecí napětí:	$U_1 = 9,5 \text{ až } 40 \text{ V}$ .
Vstupní stabilizované napětí:	$U_O = 2 \text{ až } 37 \text{ V}$ .
Změna vstupního stabilizovaného napětí v závislosti na vstupním napětí ( $U_1 = 5 \text{ V}$ , $I_O = 1 \text{ mA}$ )	$\Delta U_{O(U_1)} = \text{jmen. } 5; \cong 25 \text{ mV}$ ,
$12 \text{ V} \leq U_1 \leq 40 \text{ V}$ :	$\Delta U_{O(U_1)} \leq 15 \text{ mV}$ .
$12 \text{ V} \leq U_1 \leq 15 \text{ V}$ , $\theta_a = 0 \text{ až } +70^\circ\text{C}$ :	$\Delta U_{O(U_1)} \leq 15 \text{ mV}$ .
Změna vstupního stabilizovaného napětí v závislosti na zatěžovacím proudu ( $U_1 = 12 \text{ V}$ , $U_O = 5 \text{ V}$ )	$\Delta U_{O(I_O)} = \text{jmen. } 1,5; \cong 10 \text{ mV}$ ,
$1 \text{ mA} \leq I_O \leq 50 \text{ mA}$ :	$\Delta U_{O(I_O)} \leq 30 \text{ mV}$ .
$1 \text{ mA} \leq I_O \leq 50 \text{ mA}$ , $\theta_a = 0 \text{ až } +70^\circ\text{C}$ :	$\Delta U_{O(I_O)} \leq 30 \text{ mV}$ .
Klidový napájecí proud,	$I_O = \text{jmen. } 2,3; \cong 4 \text{ mA}$
$I_O = 0 \text{ A}$ , $U_1 = 30 \text{ V}$ :	$U_R = \text{jmen. } 7,15; 6,8 \text{ až } 7,5 \text{ V}$ .
Referenční napětí:	$U_{\text{os}} = 65 \text{ mA}$ .
Výstupní proud zkratový,	$U_O = 0 \text{ V}$ , $R_O = 10 \Omega$ :
$C_1 = 0 \text{ pF}$ :	$U_{\text{ON}} = 20 \mu\text{V}$ ,
$C_1 = 5 \mu\text{F}$ :	$U_{\text{ON}} = 2,5 \mu\text{V}$ .
Teplotní součinitel stabilizovaného napětí	$\Delta U_O / \Delta \theta_a = \text{jmen. } 15; \cong 52,5 \text{ mV/K}$ .
$U_1 = 12 \text{ V}$ , $\theta_a = 0^\circ\text{C až } +70^\circ\text{C}$ :	



Obr. 51. Stabilizátor s voliteľným výstupním napäťom 2 až 7 Vs obvodom UL7523N

$U_0$ [V]	$R_1$ [ $k\Omega$ ]	$R_2$ [ $k\Omega$ ]
3	4,12	3,01
5	2,15	4,99
6	1,15	6,04

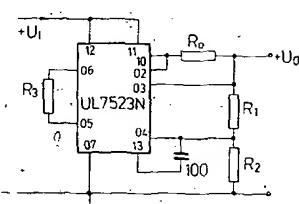
Odpor rezistoru  $R_3$  se vypočte stejně jako v předcházejícím případě. Při výstupním stabilizovaném napětí 5 V se změní výstupní napětí průměrně o 1,5 mV.

## Přesné stabilizátory napětí řady 1PH723

Stabilizátory kladného napětí řady 1PH723 jsou přesné stabilizátory regulačního výstupního napětí bulharské výroby podniku NPCK v Botevgradu, které se vyznačují velkou tepelnou stabilitou. Jejich funkční blokové zapojení je v podstatě stejné jako stabilizátorů TESLA MAA723, příp. polských součástek UL7523N, proto je běžné nepopisujeme. Hlavní rozdíly jsou v elektrických údajích a ve vnějším provedení. Stabilizátory se používají v mnoha elektronických přístrojích, dovezených k nám z BLR. Hlavní obor použití je v napájecích obvodech přístrojů analogové, analogově-číslicové techniky, v měřicích, regulačních a automatizačních přístrojích.

matičních přístrojů.  
Integrované obvody, označené typovým znakem 1PH723 a 1PH723C se dodávají v kovových pouzdroch K18 (obdoba TO-5) s deseti drátovými vývody, typy 1PH723P, 1PH723CP v plastových pouzdroch K12 (obdoba pouzdro DIL-14) s 2x sedmi vývody ve dvou řadách. Zapojení vývodů odpovídají mezinárodně rozšířeným typům stabilizátorů μA723. Zapojení vývodů stabilizátorů 1PH723, 1PH723C je

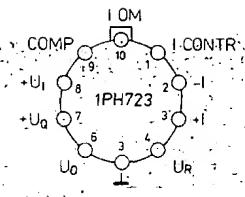
hují k základním provozním zapojením na obr. 50 a 51. Pomoci obvodu UL7523N lze konstruovat celou řadu stabilizačních zapojení, která již byla i v naší odborné literatuře popsána. Obvod je prakticky



Obr. 50. Stabilizátor s volitelným výstupním napětím 7 až 35 V s obvodem UU 7523N

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Přesnost stabilizace výstupního napětí je značná. Při změně vstupního napětí o 3 V



Obr. 52. Zapojení vývodů stabilizátorů 1PH723, 1PH723C

na obr. 52, stabilizátor 1PH723P, 1PH723CP na obr. 48.

Stabilizátory v kovovém pouzdru s deseti vývody 1PH723, 1PH723C nemají vývedeno Zenerovo napětí, jak je tomu u provedení v plastovém pouzdru DIL-14. Vývody podle obr. 52: 1 – proudové řízení, 2 – invertující vstup, 3 – neinvertující vstup, 4 – referenční napětí, 5 – zemnicí bod, 6 – výstupní stabilizované napětí, 7 – napájení výstupního tranzistoru, 8 – vstupní napájecí napětí, 9 – kmitočtová kompenzace, 10 – proudové omezení.

Doporučená zapojení pro použití popsaných stabilizátorů jsou stejná jako u stabilizátorů čs. výroby TESLA MAA723 a MAA723CN, příp. polských UL7523N. Pozor však na číslování vývodů. Číslování navzájem nesouhlasí mezi provedením v kovovém pouzdře a pouzdře plastovém.

## NÍZKOFREKVENČNÍ ZESILOVAČE

### Nf zesilovač malého výkonu, UL1495N, UL1496K až UL1498K, UL1496R až UL1498R

Integrované obvody UL1495N, UL1496K až UL1498K, UL1496R až UL1498R jsou monolitické nízko frekvenční zesilovače středního výkonu se ztrátovým výkonem 0,6 W a 1 W, určené pro použití v přístrojích spotřební elektrotechniky. Vnitřní elektrické zapojení obvodů je na obr. 53. Součástky jsou v plastovém pouzdru QIL s 2x sedmi vývody tvarovanými do čtyř řad. Typové označení pouzdra je CE75A u všech typů mimo UL1496R až UL1498R, které mají pouzdro typu CE75B stejného provedení jako předchozí, avšak je v něm zalisována kovová chladicí vložka. Přibližně zahraniční výrobek (obvody UL1495N) je typ TBA790, popř. (obvody UL1496R) TBA790LA, (obvody UL1498R) TBA790LC (UL1498R).

Vývody: 01 – vazba „bootstrap“, 02 – potlačení zvlnění napájecího proudu, 03 –

### Elektrické údaje řady 1PH723

#### Mezní údaje

Vstupní napájecí napětí:

$$U_1 = 40 \text{ V}$$

Napětí mezi vstupem a výstupem:

$$U_{i/o} = 40 \text{ V}$$

Referenční proud:

$$I_R = 15 \text{ mA}$$

Ztrátový výkon celkový:

$$P_{tot} = 800 \text{ mW}$$

Rozsah pracovních teplot okolí:

$$\theta_a = -55 \text{ až } +125 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

1PH723, 1PH723P:

$$\theta_a = 0 \text{ až } +70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

1PH723C, 1PH723CP:

$$\theta_{sig} = -55 \text{ až } +155 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### Charakteristické údaje ( $\theta_a = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$U_1 = 12 \text{ V}, U_0 = 5 \text{ V}, I_T = 1 \text{ mA}$ , není-li uvedeno jinak.

$$U_1 = 9,5 \text{ až } 40 \text{ V}$$

Vstupní napájecí napětí:

$$U_0 = 2 \text{ až } 37 \text{ V}$$

Napětí mezi vstupem a výstupem:

$$U_{i/o} = 3 \text{ až } 38 \text{ V}$$

Klidový proud,  $U_1 = 30 \text{ V}, I_R = 0, I_T = 0$

$$I_O \geq 3,5 \text{ mA}$$

1PH723, 1PH723P:

$$I_O \geq 5,0 \text{ mA}$$

Změna výstupního stabilizovaného napětí v závislosti na vstupním napěti:

$$\Delta U_{(0)i} \geq 0,1 \% U_0$$

$U_1 = 12 \text{ V až } 15 \text{ V}$ :

$$\Delta U_{(0)i} \geq 0,2 \% U_0$$

$U_1 = 12 \text{ V až } 40 \text{ V}$ :

$$\Delta U_{(0)i} \geq 0,5 \% U_0$$

1PH723C, 1PH723CP:

Referenční napětí,  $U_r = 12 \text{ V}$

$$U_R = 6,95 \text{ až } 7,35 \text{ V}$$

1PH723, 1PH723P:

$$U_R = 6,8 \text{ až } 7,5 \text{ V}$$

1PH723C, 1PH723CP:

$$\Delta U_0 / \Delta \theta_a = 0,015 \% U_0 / \text{K}$$

Tepelný součinitel stabilizovaného napětí

$$\Delta U_0 / \Delta \theta_a = 0,015 \% U_0 / \text{K}$$

$U_1 = 12 \text{ V}, \theta_a = -55 \text{ až } +125 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Delta U_0 / \Delta \theta_a = 0,2 \% U_0 / \text{K}$$

1PH723, 1PH723P:

$$\Delta U_0 / \Delta \theta_a = 0,5 \% U_0 / \text{K}$$

1PH723C, 1PH723CP:

1) Při teplotě  $\theta_a > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  se musí zmenšit  $P_{tot}$  o 0,6 mW/K u typů 1PH723, 1PH723C a o 8,3 mW/K u typů 1PH723P, 1PH723CP.

kmitočtová kompenzace, 04 – nepoužívat; 05 – zpětná vazba, 06 – nepoužívat, 07 – vstup, 08 – zemnicí bod, 09 – nepoužívat, 10 – zemnicí bod, 11 – nepoužívat, 12 – výstup, 13 – nepoužívat, 14 – přípoj kladného napájecího napětí  $U_{cc}$ . Výrobce doporučuje využívat vlastností vývodu 02, pokud se integrovaný obvod užije v zapojení zesilovače s reproduktorem připojeným mezi výstup a zemní potenciál a zesilovač se napájí se síťového zdroje. Podstatně se tím zlepší filtrace zbytkového zvlnění stejnosměrného napájecího zdroje.

Systém integrovaných obvodů řady UL1495N až UL1498R sdružuje tyto funkční části: předesilovač, budicí stupeň, invertor se zdrojem předpětí, kvazikomplementární koncový zesilovač výkonu a obvod samočinného využávání zesilovače.

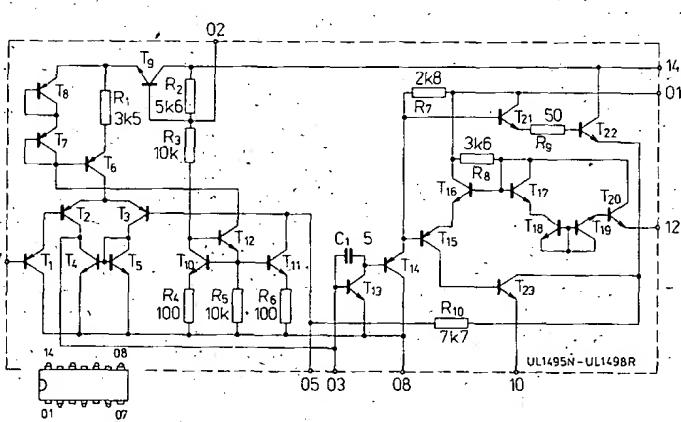
Funkce obvodu: Na vstupu zesilovače pracuje tranzistor  $T_1$  v zapojení emitor-

výhodováče, z něj se přivádí signál na jeden ze vstupů rozdílového zesilovače s tranzistory  $T_2$  a  $T_3$ . Rozdílový zesilovač se napájí proudovým zdrojem (tranzistory  $T_6$ ,  $T_7$ ,  $T_8$ , rezistor  $R_1$ ). Zátež zesilovače tvoří proudový zdroj (tranzistory  $T_4$  a  $T_5$ ). Na druhý vstup rozdílového zesilovače (báze tranzistoru  $T_3$ ) se přivádí signál záporné zpětné vazby. Budicí stupeň tvoří tranzistory  $T_{13}$  a  $T_{14}$ . Koncový stupeň je kvazikomplementární zesilovač výkonu pracující ve třídě AB. Tvoří jej tranzistory  $T_{21}$ ,  $T_{22}$  a  $T_{15}$ ,  $T_{23}$ .

Obvod pro vytvoření předpěti koncového zesilovače je složen z tranzistorů  $T_{16}$  až  $T_{20}$  (tranzistory  $T_{17}$ ,  $T_{18}$ ,  $T_{19}$  jsou zapojeny jako diody). Předností obvodu je získání nezávislosti klidového proudu na proudovém zesílení tranzistorů výkonového zesilovače a současně vzájemné kompenzace tepelných změn napětí emitor-báze tranzistorů výkonového stupně a obvodu pro předpětí. Obvod samočinného využávání zesilovače je v podstatě zapojení pro úpravu stejnosměrného výstupního napětí na asi polovinu napájecího napětí. Součásti integrovaného obvodu jsou ještě tranzistory  $T_{10}$  až  $T_{12}$ , které slouží jako dvojitý proudový zdroj.

#### Doporučená zapojení

Na obr. 54 a 55 jsou základní doporučená zapojení integrovaných obvodů UL1495N až UL1498R. V podstatě to jsou oblíbené běžné nf zesilovače výkonu, s jakými pracují všechny obdobné součástky všech výrobců. Navzájem se odlišují pouze způsobem připojení reproduktoru k výstupu. V zapojení na obr. 54 je reproduktor připojen na výstup integrovaného obvodu přes kondenzátor 470  $\mu\text{F}$ , druhým vývodem na kladné napájecí napětí, v zapojení na obr. 55 je druhým



Obr. 53. Vnitřní elektrické zapojení UL1495N až UL1498R

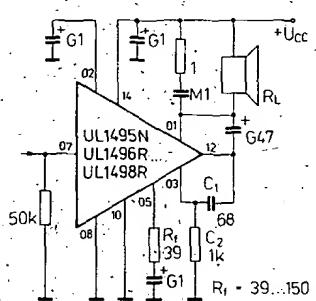
Elektrické údaje UL1495N, UL1496K až UL1498K, UL1496R až UL1498R

Mezní údaje ( $\theta_a = +25^\circ C$ )	
Napájecí napětí: UL1497K, R:	$U_{CC} = 6 \text{ až } 12 \text{ V}$ , $U_{CC} = 6 \text{ až } 15 \text{ V}$ .
Výstupní proud: UL1495N: UL1495K, R, UL1497K, R: UL1498K, R:	$I_O = 0,5 \text{ A}$ , $I_O = 1,0 \text{ A}$ , $I_O = 1,5 \text{ A}$ .
Ztrátový výkon bez chladiče UL1495N: UL1496K, R až UL1498K, R: s ideálním chlazením UL1496R až UL1498R:	$P_{tot} = 0,6 \text{ W}$ , $P_{tot} = 1,0 \text{ W}$ , $P_{tot} = 3,0 \text{ W}$ . $\theta_a = -25 \text{ až } +70^\circ C$ . $\theta_{sig} = -40 \text{ až } +125^\circ C$ .
Rozsah pracovních teplot okolí: Rozsah skladovacích teplot:	
Charakteristické údaje ( $\theta_a = +25^\circ C, R_L = 39 \Omega$ )	
UL1495N: $U_{CC} = 9 \text{ V}, R_L = 15 \Omega$ , UL1496K, R: $U_{CC} = 9 \text{ V}, R_L = 8 \Omega$ , UL1497K, R: $U_{CC} = 12 \text{ V}, R_L = 8 \Omega$ , UL1498K, R: $U_{CC} = 9 \text{ V}, R_L = 4 \Omega$ .	
Klidový napájecí proud: UL1497K, R:	$I_{CC} = \text{jmen. } 6; \leq 10 \text{ mA}$ , $I_{CC} = \text{jmen. } 8; \leq 10 \text{ mA}$ .
Výstupní výkon $f = 1 \text{ kHz}, k = 10\%$ , UL1495N: UL1496K, R: UL1497K, R, UL1498K, R:	$P_0 = \text{jmen. } 0,65; \geq 0,5 \text{ W}$ , $P_0 = \text{jmen. } 1,2; \geq 1,0 \text{ W}$ , $P_0 = \text{jmen. } 2,1; \geq 1,9 \text{ W}$ .
$f = 1 \text{ kHz}, k = 2,5\%$ , UL1495N: UL1496K, R: UL1497K, R, UL1498K, R:	$P_0 = 0,5 \text{ W}$ , $P_0 = 1,0 \text{ W}$ , $P_0 = 1,9 \text{ W}$ .
Zkreslení $P_0 = 0,15 \text{ W}, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1495N: $P_0 = 0,5 \text{ W}, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1496K, R až UL1498K, R:	$k \leq 0,2; \leq 1\%$ , $k \leq 0,3; \leq 1\%$ .
Napěťový zisk $P_0 = 0,15 \text{ W}, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1495N: $P_0 = 0,5 \text{ W}, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1496K, R až UL1498K, R:	$A_u = \text{jmen. } 46; 41 \text{ až } 50 \text{ dB}$ , $A_u = \text{jmen. } 46; 41 \text{ až } 50 \text{ dB}$ .
Účinnost $P_0 = 0,53 \text{ W}, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1495N: $k = 10\%, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1496K, R až UL1497K, R: UL1498K, R:	$\eta = 65\%$ , $\eta = 70\%$ , $\eta = 65\%$ , $R_I \geq 1 \text{ M}\Omega$ .
Vstupní odpor při $f = 1 \text{ kHz}$ : Vstupní napětí (citlivost): $P_0 = 50 \text{ mW}, f = 1 \text{ kHz}$ , UL1495N: UL1496K, R až UL1497K, R: UL1498K, R:	$U_1 = \text{jmen. } 4,3; 2,0 \text{ až } 20 \text{ mV}$ , $U_1 = \text{jmen. } 3,2; 1,5 \text{ až } 15 \text{ mV}$ , $U_1 = \text{jmen. } 2,0; 1,0 \text{ až } 10 \text{ mV}$ .
Šumové napětí na výstupu, $U_1 = 0 \text{ V}$ :	$U_{ON} = 1,0 \text{ mV}$ .
Šířka přenášeného pásma: Vstupní klidový proud:	$BW = 15 \text{ kHz}$ , $I_{IB} = 50 \text{ nA}$ .
Součinitel potlačení vlivu napájecího napětí: $f = 100 \text{ Hz}$	$SVR = 37 \text{ dB}$ .

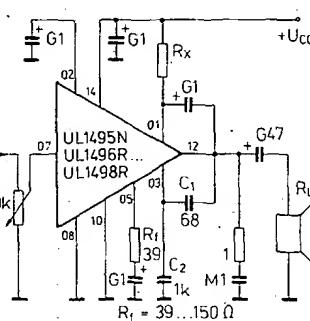
- Platí při použití integrovaného obvodu v zapojení s reproduktorem připojeným mezi výstup a zem.

vývodem připojen na zemní potenciál. V obou případech se musí volit odpor zpětnovazebního rezistoru  $R_f$  v rozmezí 39 až 150  $\Omega$ . Předností zesilovače s uzem-

něným reproduktorem je možnost použít reproduktor o impedanci 8 nebo 4  $\Omega$ . Podle impedance se musí volit i odpór rezistoru  $R_L$ . Při impedance 8  $\Omega$  musí být 100  $\Omega$ , při 4  $\Omega$  jen 60  $\Omega$ . Elektrické údaje zesilovačů jsou stejně (viz tabulku charakteristických údajů).



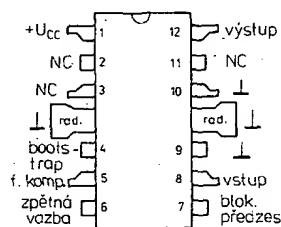
Obr. 54. Doporučené zapojení zesilovače s UL1495N až UL1498R se zátěží mezi výstupem a kladným pólem napájecího napětí



Obr. 55. Doporučené zapojení zesilovače s UL1495N až UL1498R se zátěží mezi výstupem a zemí:  $R_x$  nutno volit podle typu zátěže: při  $R_L = 8 \Omega$  je  $R_x = 100 \Omega$ , při 4  $\Omega$  je  $R_x = 68 \Omega$

## Nf zesilovač středního výkonu, ULA6481P, ULA6481T

Monolitický integrovaný nízkofrekvenční zesilovač středního výkonu ULA6481P, ULA6481T s výstupním výkonom 6 W je určen pro použití v elektronických přístrojích, kde je žádoucí rozšířený rozsah provozních teplot od  $-40$  do  $+80^\circ C$ . Obvod se vyznačuje možností zatítit jej velkým výstupním proudem do 3 A, velkou účinností v provozu, malým nelineárním zkreslením, malým šumem. Je vybaven integrovaným ochranným obvodem proti teplnému přetížení, obvodem proti výkonovému a proudovému přetížení, který pracuje, nepřekročí-li napájecí napětí 15 V. Součástka se dodává v plastovém pouzdru s 2x šesti vývody a dvěma širokými chladiči vývody uprostřed nich. Typ ULA6481P je v pouzdru typu CE74 s vývody rozdělenými do dvou řad, střední vývody chladiči jsou tvarovaný do třetí řady, ULA6481T má oba chladiče vývody netvarované v rovině kratší osy pouzdra.

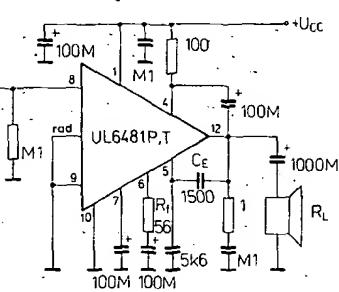


Obr. 56. Zapojení vývodů zesilovačů ULA6481P, ULA6481T

Vývody: 1 – kladné napájecí napětí  $U_{CC}$ , 4 – vazba „bootstrap“, 5 – kmitočtová kompenzace, 6 – zpětná vazba, 7 – potlačení vazby předzesilovače, 8 – vstup, 9 – zemníci bod předzesilovače, 10 – zemníci bod zesilovače výkonu, 12 – výstup, 2, 3, 11 – neobsazené vývody. Zapojení vývodů je uvedeno na obr. 56.

### Doporučená zapojení

Výrobcem doporučené zapojení nf zesilovače je uvedeno na obr. 57. Reproduktor s impedancí 4  $\Omega$  se připojuje přes elektrolytický kondenzátor 1000  $\mu F$  na výstup, druhým vývodem na zemní potenciál. Použije-li k napájení napětí 14,4 V, je výstupní výkon zesilovače prům. 4,6 W, minimální záručovaný výkon je 3,5 W při zkreslení 2,5 %. Šířka přenášeného pásma závisí na kapacitě kondenzátoru  $C_E$ . Při doporučené kapacitě 1500 pF je šířka přenášeného pásma (pro pokles  $-3 \text{ dB}$ ) 40 až 10 000 Hz. Zmenší-li se kapacita kondenzátoru na 820 pF, bude šířka pásma 40 až 20 000 Hz.



Obr. 57. Doporučené zapojení nf zesilovače s ULA6481P, ULA6481T

## Elektrické údaje ULA6481P, ULA6481T polské výroby Unitra-CEMI

Mezní údaje ( $\theta_a = +25^\circ\text{C}$ )	
Napájecí napětí:	$U_{CC} = 4 \text{ až } 20 \text{ V}$ .
Výstupní proud:	$I_O = 2,5 \text{ A}$ .
Výstupní proud vrcholový (neopakovatelný impuls):	$I_{OM} = 3,5 \text{ A}$ .
Ztrátový výkon celkový při ideálním chlazení:	$P_{tot} = 5 \text{ W}$ .
Rozsah pracovních teplot okolí:	$\theta_a = -40 \text{ až } +80^\circ\text{C}$ .
Rozsah skladovacích teplot:	$\theta_{stg} = -55 \text{ až } +150^\circ\text{C}$ .
Charakteristické údaje	
$(\theta_a = +25^\circ\text{C}, U_{CC} = 14,4 \text{ V}, R_L = 56 \Omega$ , není-li uvedeno jinak)	
Klidový proud celkový:	$I_{CC0} = \text{jmen. } 12; \leq 20 \text{ mA}$ .
Vstupní proud klidový:	$I_{IB} = \text{jmen. } 0,4; \leq 4 \mu\text{A}$ .
Vstupní odpor:	$R_I = 5 \text{ M}\Omega$ .
Výstupní výkon	
$R_L = 4 \Omega, f = 1 \text{ kHz}, k = 10\%:$	$P_O = 6 \text{ W}$ ,
$R_L = 4 \Omega, f = 1 \text{ kHz}, k = 2,5\%:$	$P_O = \text{jmen. } 4,6; \geq 3,5 \text{ W}$ ,
$U_{CC} = 9 \text{ V}, R_L = 4 \Omega, f = 1 \text{ kHz},$ $k = 10\%:$	$P_O = 2,5 \text{ W}$ ,
$U_{CC} = 9 \text{ V}, R_L = 4 \Omega, f = 1 \text{ kHz},$ $k = 2,5\%:$	$P_O = 2,0 \text{ W}$ .
Celkové zkreslení harmonickými	
$R_L = 4 \Omega, P_O = 50 \text{ mW až } 3 \text{ W},$ $f = 1 \text{ kHz}:$	$k = \text{jmen. } 0,3; \leq 1,5 \%$ .
Napěťové zkreslení	
$R_L = 4 \Omega, f = 1 \text{ kHz}:$	$A_u = \text{jmen. } 37; 34 \text{ až } 40 \text{ dB}$ .
Vstupní napětí	
$R_L = 4 \Omega, P_O = 6 \text{ W}, f = 1 \text{ kHz}:$	$U_I = \text{jmen. } 80; \leq 220 \text{ mV}$ .
Přenášené pásmo (-3 dB):	$BW = 40 \text{ až } 20000 \text{ Hz}$ ,
$R_L = 4 \Omega, C_E = 820 \text{ pF}:$	$BW = 40 \text{ až } 15000 \text{ Hz}$ .
$R_L = 4 \Omega, C_E = 1500 \text{ pF}:$	
Vstupní šumový proud,	
$BW = 20 \text{ až } 20000 \text{ Hz}$ :	$I_{IN} = 0,1 \text{ nA}$ .
Vstupní šumové napětí	
$BW = 20 \text{ až } 20000 \text{ Hz}, R_G = 0 \Omega:$	$U_{IN} = 2 \mu\text{V}$ .
Potlačení vlivu změn napájecího napětí	
$R_L = 4 \Omega, f = 100 \text{ Hz}:$	$SVR = 48 \text{ dB}$ .

## Nf zesilovač středního výkonu TBA790, TBA790K, TBA790T rumunské výroby IPRS

Rada integrovaných obvodů TBA790 představuje monolitické nízkofrekvenční zesilovače středního výkonu, určené pro použití v koncových stupních rozhlasových a televizních přijímačů, v gramofonech a malých zesilovačích, případně gramofonech s piezoelektrickou snímačí přenoskou. Jejich výrobcem je rumunský výrobce polovodičových součástek IPRS. Vnitřní elektrické zapojení popisovaných zesilovačů je prakticky shodné s integrovanými obvody řady UL1495N.

Z hlediska funkčního je obvod složen ze vstupního stupně, budicího stupně, koncového zesilovače a zdroje referenčního napětí. Použité regulační obvody zajišťují dobrou funkci v rozsahu širokého napájecího napětí a rozsahu pracovních

teplot. Zesilovač se vyznačuje velkým rozdílem výstupního napěti, který je závislý na použitém napájecím napěti, dále samočinně se nastavujícím předpětím, velkou vstupní impedancí a malou spotřebou proudu v klidovém stavu, kterou zajišťuje regulátor s řadou diod.

Zesilovače se dodávají ve třech provedeních pouzdra. Základní typ TBA790 je v plastovém pouzdru QIL typu CB155 s 2x šesti vývody tvarovanými do čtyř řad a středními tvarovanými chladicími vývody. Zapojení vývodů všech tří typů zesilovačů je uvedeno na obr. 58.

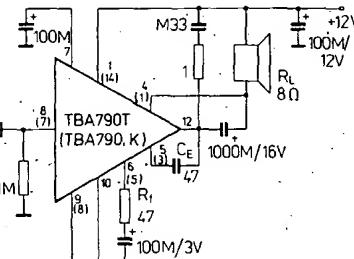
Vývody TBA790T: 1 – kladné napájecí napětí  $U_{CC}$ , 4 – vazba „bootstrap“, 5 – kmitočtová kompenzace, 6 – zpětná vazba, 7 – potlačení vazby předzesilovače, 8 – vstup, 9 – zemnický bod předzesilovače, 10 – zemnický bod zesilovače výkonu, 12 – výstup, 2, 3, 11 – neobsazené vývody.

Zapojení vývodů TBA790 a TBA790K je prakticky zcela shodné se zapojením ob-

vodů řady UL1495N s výjimkou vývodu č. 2, který rumunský výrobce nevyužívá k blokování předzesilovače.

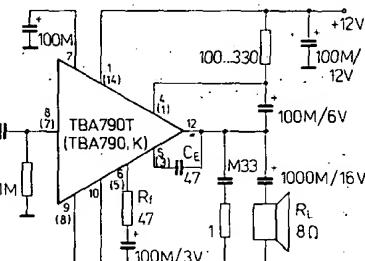
### Doporučená zapojení

Integrované zesilovače se doporučuje používat ve dvou základních zapojeních – s reproduktorem o impedanci  $8 \Omega$  připojeným mezi výstup přes kondenzátor  $1000 \mu\text{F}$  a kladné napájecí napětí  $U_{CC}$  podle zapojení na obr. 59, nebo s repro-



Obr. 59. Nf zesilovač s TBA790T se zátěží mezi výstupem a kladným napájecím napětím

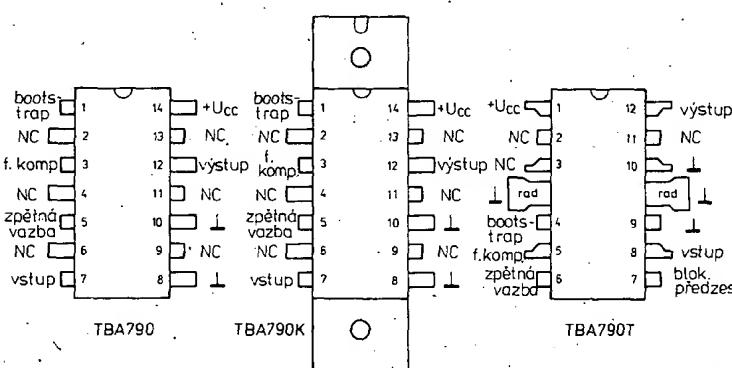
duktorem druhým vývodem připojeným na zemní potenciál podle obr. 60. V obou případech se zesilovač napájí napětím 12 V. Největší účinnost a výstupního výkonu zesilovače se dosáhne s reproduk-



Obr. 60. Nf zesilovač s TBA790T se zátěží mezi výstupem a zemí

torem o impedanci  $8 \Omega$ , kdy při výstupním výkonu 2 W je účinnost okolo 80 %. Méně výhodné i méně ekonomické je použití reproduktoru s impedancí  $4 \Omega$ , které výrobce součástky doporučuje s výhradou. Při stejném výstupním výkonu je účinnost zapojení pouze o něco málo větší než 60 %. Typický průběh účinnosti v závislosti na výstupním výkonu při provozu obvodu TBA790 jako nf zesilovač s reproduktory o impedanci  $8 \Omega$  a  $4 \Omega$  je na obr. 61. Klidový proud, který odebírá nevyužívaný zesilovač ze zdroje, je při napájecím napětí 12 V asi 7,5 mA. K oběma doporučeným zapojením ještě vysvětlení. Číslování vývodů platí při použití obvodu TBA790T, číslování v závorkách pro obvody TBA790 a TBA790K.

Přenosová charakteristika nf zesilovačů s obvodem TBA790T je lineární v širokém kmitočtovém rozsahu od 150 do 20 000 Hz za předpokladu, že se použije kondenzátor  $C_E$  s kapacitou 68 pF. Vliv kapacity tohoto kondenzátoru na napěťové zesílení v kmitočtovém rozsahu od 1 do 30 kHz je na obr. 62, vliv poklesu napěťového zisku v dB v kmitočtovém rozsahu od 50 Hz do 60 kHz na obr. 63. Z uvedených diagramů lze jednoznačně usoudit,

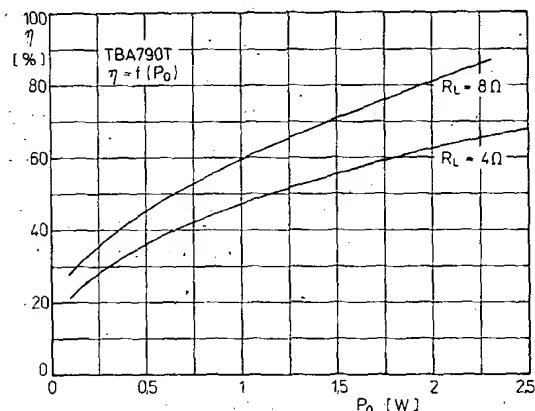


Obr. 58. Zapojení vývodů nf zesilovačů TBA790, TBA790K, TBA790T

## Elektrické údaje TBA790, TBA790K, TBA790T rumunské výroby IPRS

Mezní údaje ( $\theta_a = +25^\circ C$ )	
Napájecí napětí:	$U_{CC} = 15 V$ , $U_{CC} = 9 V$ .
TBA790:	$I_{OM} = 1.5 A$ .
Výstupní proud vrcholový:	$\theta_j = 125^\circ C$ .
Teplota přechodu:	$\theta_j = -25 až +70^\circ C$ .
Rozsah provozních teplot okolí:	$\theta_{ST} = -25 až +125^\circ C$ .
Rozsah skladovacích teplot:	
Teplotní odpor přechod-okolí	
TBA790:	$R_{Thj\alpha} = 100 K/W$ ,
TBA790K:	$R_{Thj\alpha} = 60 K/W$ ,
TBA790T:	$R_{Thj\alpha} = 80 K/W$ .
Teplotní odpor přechod-pouzdro <sup>1)</sup>	
TBA790K:	$R_{ThjC} = 15 K/W$ ,
TBA790T:	$R_{ThjC} = 10 K/W$ .
Charakteristické údaje	
( $\theta_a = +25^\circ C$ , $C_E = 68 pF$ , $R_1 = 39 \Omega$ , není-li uvedeno jinak)	
Napájecí napětí	
TBA790:	$U_{CC} = 4.5 až 9 V$ ,
TBA790K, TBA790T:	$U_{CC} = 4.5 až 15 V$ .
Klidový proud celkový	
$U_{CC} = 9 V$ , $U_1 = 0 V$ :	$I_{CCQ} = \leq 10 mA$ ,
$U_{CC} = 6 V$ , $U_1 = 0 V$ :	$I_{CCQ} = \leq 5 mA$ .
Výstupní klidový proud:	$I_{IB} = 50 nA$ .
Výstupní odpor:	$R_1 = 50 M\Omega$ .
Výstupní výkon	
$R_L = 8 \Omega$ , $f = 1 kHz$ , $k = 10\%$	
$U_{CC} = 9 V$ , TBA790:	$P_0 = \geq 1 W$ ,
$U_{CC} = 12 V$ , TBA790K, TBA790T:	$P_0 = \geq 2.1 W$ .
Celkové zkreslení harmonickými, $R_L = 8 \Omega$ , $f = 1 kHz$ , $P_0 = 0.5 W$	
$U_{CC} = 9 V$ , TBA790:	$k \leq 1\%$ ,
$U_{CC} = 12 V$ , TBA790K, TBA790T:	$k \leq 1\%$ .
Napěťový zisk	
$U_{CC} = 9 V$ , $R_L = 8 \Omega$ , $f = 1 kHz$ , $P_0 = 0.5 W$ , $R_1 = 39 \Omega \pm 1\%$ :	$A_u = 43 až 49 dB$ .
Výstupní napětí stejnosměrné	
$U_{CC} = 9 V$ , $U_1 = 0 V$ :	$U_O = \text{jmen. } 4.5; 4.2 až 4.8 V$ ,
$U_{CC} = 12 V$ , $U_1 = 0 V$ :	$U_O = \text{jmen. } 6.0; 5.6 až 6.4 V$ .
Výstupní šumové napětí	
$U_{CC} = 9 V$ , $R_L = 8 \Omega$ , $R_G = 10 k\Omega$ , $BW = 200 až 12 000 Hz$ :	$U_{IN} = \text{jmen. } 4; \leq 20 \mu V$ .

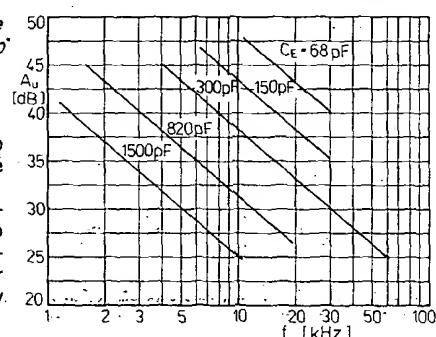
1) Teplotní odpor  $R_{ThjC}$  se měří mezi přechodem a pouzdrem v místě styku chladicího vývodu s chladičem.



Obr. 61. Závislost účinnosti nízkozesilovače s TBA790T na výstupním výkonu pro zátěž 8 Ω a 4 Ω

že optimální kapacita je 68 pF. S tímto kondenzátorem výrobce měří ve výrobě všechny součástky.

Jako další zajímavý příklad použití obvodu TBA790T je zapojení relaxačního oscilátoru podle obr. 64. Při změně napájecího napětí se musí upravovat odpor vstupního rezistoru  $R_1$  podle tabulky v obrázku.



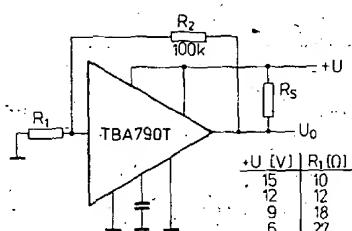
Obr. 62. Napěťový zisk zesilovače s TBA790T v závislosti na kmitočtu pro různé kapacity  $C_E$

## Nízkozesilovače výkonu 7 W, TBA810S, TBA810AS, TBA810DS, TBA810DAS

Monolitické integrované obvody TBA810S, TBA810AS, TBA810DS, TBA810DAS maďarské výroby, MEV (dříve Tungsram) jsou nízkofrekvenční zíselovače výkonu 7 W, pracující ve třídě B, určené pro nízkozesilovače v rozhlasových přijímačích, zíselovačích, magnetofonech a gramofonech. Se zatěžovacím odporem 4 Ω odevzdají při napájecím napětí 16 V výstupní výkon průměrně 7 W, při napětí 14,4 V výkon 6 W, při 9 V výkon 2,5 W, při 6 V ještě výkon 1 W. Integrované obvody lze zatěžovat výstupním proudem až 2,5 A. Jejich účinnost je při výstupním výkonu 6 W průměrně 75 % při malém zkreslení signálu harmonickými. Vnitřní elektrické zapojení obvodů je na obr. 65.

Po stránce elektrické jsou obvody TBA810S, AS a TBA810DS, DAS stejné. Rozdíl spočívá v přepěťové ochraně, kterou jsou navíc vybaveny obvody TBA810DS, TBA810DAS. Proto jsou tyto součástky velmi vhodné pro nasazení v automobilových přijímačích. Obě řady zíselovačů jsou vybaveny tepelnou ochranou, lze je napájet napětím v širokém rozsahu od 4 do 20 V, jejich výstupní proud může dosáhnout až 2,5 A. Součástky jsou v plastovém pouzdru s 2x6 šesti vývody tvarovanými do čtyř řad a středními širokými páskovými chladicími vývody. Typy TBA810S, TBA810DS jsou v pouzdru (P3) 9 W, u něhož jsou široké chladicí vývody tvarovaný do třetí řady k pájení do plošných spojů, TBA810AS, TBA810DAS v pouzdru (P4) 9 W s rovnými chladicími vývody pro příšroubování k chladiči. Obdobně typy západních výrobců mají stejně typové označení. Zapojení vývodů je na obr. 66.

Vývody: 1 – přípoj kladného napájecího napětí  $U_{CC}$ , 2, 3 – nepoužito, 4 – vazba



Obr. 64. Zapojení relaxačního oscilátoru s TBA790T



bulce elektrických údajů. Kapacity kondenzátorů  $C_3$ ,  $C_7$  jsou voleny s ohledem na nejvhodnější průběh přenosové charakteristiky. Jsou-li požadovány jiné přenášené šířky pásmá, mohou se příslušně změnit jejich kapacity stejně jako odpory rezistoru  $R_4$ .

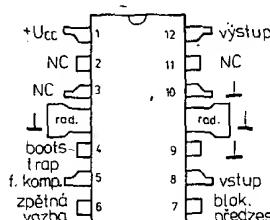
Z hlediska praktického je nutno připomenout, že uvedený výstupní výkon nzesilovače je podmíněn dobře provedeným chlazením integrovaných obvodů. Nejen správná volba chladiče, ale i pečlivá montáž zaručuje dobrý odvod škodlivého tepla z integrovaného obvodu.

Nf zesilovač  
středního výkonu 5 W. TCA150T

Monolitický integrovaný nízkofrekvenční zesilovač středního výkonu 5 W TCA150T je vhodný pro koncové stupně rozhlasových přijímačů a zvukových kábelů v televizních přijímačích napájených ze sítě. Jejich výrobcem je rumunský výrobce polovodičových součástek IPRS. Integrovaný obvod se vyznačuje velkým rozsahem výstupního napětí, závislým na napájecím napětí, samočinně pracujícím předpětím, velkým vstupním odporem typicky  $50\text{ M}\Omega$  a tepelnou ochranou proti přetížení. Optimální pracovní zátěž výstupu zesilovače je  $4\text{ }\Omega$ . Malý klidový proud zajišťuje regulátor s řádovou diodou.

Zesilovač se dodává v plastovém pouzdro CB-155 s 2 x šesti vývody tvarovanými do čtyř řad a středními širokými páskovými chladiči vývody opatřenými děrami pro přišroubování k chladiči.

Vývod: 1 – přípoj kladného napájecího napětí  $U_{cc}$ , 4 – vazba „bootstrap“, 5 – kmitočtová kompenzace, 6 – zpětná vazba, 7 – potlačení vazby předzesilovače, 8 – vstup, 9 – zemníci bod předzesilovače, 10 – zemníci bod zesilovače výkonu, 12 – výstup, 2, 3, 11 – neobsazené vývody. Zapojení vývodů je na obr. 69. Ve srovnání



Obr. 69 Zapojení vývodů TCA150T

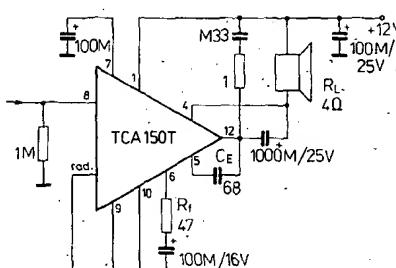
se starším nf zesilovačem TBA790T je struktura systému nového obvodu rozšířena o tepelnou ochranu proti přetížení, která zabezpečuje větší provozní spolehlivost. Při překročení teploty přechodu 150 °C pracuje ochrana tak, že odpojuje koncový stupeň od vstupního stupně. Po stránce technologické jsou obvody vyrobeny přesnéjšími výrobními postupy, pročež výrobce rozšířil rozsah pracovních teplot okolí na -25 až +70 °C. S ohledem na bezporuchovou funkci se musí integrovaný obvod opatřit vhodným chladičem, účinným v provozu. Integrovaný obvod není vybaven ochranou proti zkratu na výstupu.

Typické doporučené zapojení nf zesilovače s obvodem TCA150T je na obr. 70. Zatěžovací reproduktor je připojen mezi

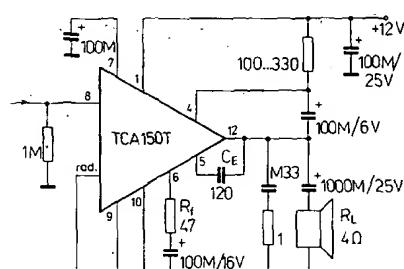
#### **Elektrické údaje TCA150T rumunské výroby IPRS**

Mezní údaje ( $\theta_a = 25^\circ\text{C}$ )	
Napájecí napětí:	$U_{CC} = 18 \text{ V.}$
Vstupní proud vrcholový:	$I_{OM} = 2,3 \text{ A.}$
Teplota přechodu:	$\vartheta_j = 125^\circ\text{C.}$
Rozsah provozních teplot:	$\vartheta_a = -25 \text{ až } +70^\circ\text{C.}$
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{sig} = -25 \text{ až } +125^\circ\text{C.}$
Tepelný odpor přechod-okoří:	$R_{thja} = 80 \text{ K/W.}$
Tepelný odpor přechod-pouzdro <sup>1)</sup> :	$R_{thje} = 10 \text{ K/W.}$
Charakteristické údaje	
( $\vartheta_a = +25^\circ\text{C}$ , $C_E = 68 \text{ pF}$ , $R_I = 39 \Omega$ , $U_{CC} = 14 \text{ V}$ , není-li uvedeno jinak.)	
Napájecí napětí	$U_{CC} = 6 \text{ až } 18 \text{ V.}$
Klidový proud celkový:	$I_{CC0} \leq 20 \text{ mA.}$
Vstupní klidový proud:	$I_{IB} = 50 \text{ nA.}$
Vstupní odpor:	$R_I = 50 \text{ M}\Omega.$
Výstupní výkon	
$R_L = 4 \Omega$ , $f = 1 \text{ kHz}$ , $k^* = 10 \%$ :	$P_O = \text{jmen. 5; } \geq 4,5 \text{ W.}$
Celkové zkreslení harmonickými	
$R_L = 4 \Omega$ , $f = 1 \text{ kHz}$ , $P_O = 0,5 \text{ W}$ :	$k \leq 1 \text{ \%}.$
Napěťový zisk	
$R_L = 4 \Omega$ , $f = 1 \text{ kHz}$ , $P_O = 0,5 \text{ W}$ ,	$A_u = 43 \text{ až } 49 \text{ dB.}$
$R_I = 39 \Omega \pm 1 \%$ :	
Výstupní stejnosměrné napětí	
$U_I = 0 \text{ V}$ :	$U_O = \text{jmen. 7; } 6,5 \text{ až } 7,5 \text{ V.}$
Vstupní šumové napětí $R_L = 4 \Omega$ , $R_G = 10 \text{ k}\Omega$	
$BW = 200 \text{ až } 12\,000 \text{ Hz}$ :	$U_{IN} \leq 20 \mu\text{V.}$

1) Teplotní odpor  $R_{thc}$  se měří mezi přechodem a pouzdrem v místě styku chladicího vývodu s chladičem.



Obr. 70. Nf zesilovač s TCA150T se zátěží mezi výstupem a kladným napájecím napětím



Obr. 71. Nf zesilovač s TCA150T se zátěží mezi výstupem a zemí

$$A_u = \frac{8000}{B}$$

kde  $R_1$  je odpor zpětnovazebního rezistoru v  $\Omega$ . Šířku pásmá určuje kapacita kondenzátoru  $C_E$ . Kapacita 68 pF, uvedená v zapojení, je volena s ohledem na optimální šířku přenášeného pásmá.

Zapojení na obr. 71 využívá druhého způsobu připojení zátěže mezi výstup a zemníci potenciál. Hodnoty všech součástek jsou shodné s předchozím zapojením kromě kapacity kondenzátoru  $C_E$ , která je  $120 \text{ pF}$ . Obě zapojení jsou rovnocenná. Výstupní výkon počítaných při zesi-

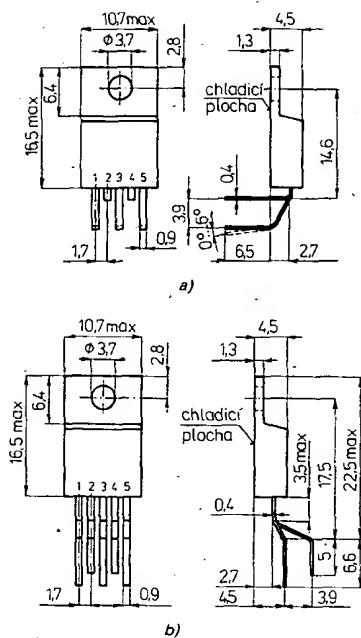
lovačů je při napájecím napětí 14 V, impe-  
danci reproduktoru  $4 \Omega$ , kmitočtu 1 kHz  
a zkreslení 10 % typicky 5 W, jako mini-  
mální výkon zaručuje výrobce 4,5 W. Při  
napájecím napětí 10 V bude zá stejných  
podmínek výstupní výkon poloviční  
(2,5 W).

**Nf zesilovač výkonu 20 W,  
A2030H, A2030V**

K zesilovačům velkého výkonu patří monolitický bipolární integrovaný nízkofrekvenční zesilovač se ztrátovým výkonem 20 W typu A2030H, A2030V, výrobek RFT z Německé demokratické republiky. Vzhledem k velkému výstupnímu výkonu, který může odevzdat přímo do zátěže bez oddělovacího kondenzátoru, je vhodný pro koncové řady zesilovače v přístrojové spotřební elektroniky. Lze jej použít i v přístrojích průmyslové elektroniky, např. k řízení rychlosti otáčení motorů, jako napěťový regulátor, invertující či neinvertující výkonový zesilovač apod.

Zesílovač se vyznačuje velkým výstupním výkonem průměrně 18 W (minimálně zaručovaný výkon 16 W) při napájecím napětí  $\pm 14$  V, zatěžovací impedance 4  $\Omega$  a zkreslení 10 %, výstupní výkon se zatěžením  $8 \Omega$  je průměrně 12 W (minimálně 11 W). Velkou předností obvodu je kromě velkého výstupního výkonu především malé zkreslení signálů harmonických kmitočtů, integrovaný ochranný obvod pro samočinné omezování ztrátového výkonu při přetížení, ochrana proti zkratu na výstupu a samočinné nastavení pracovního bodu výstupních tranzistorů uvnitř oblasti spolehlivého provozu. Zesílovač je rovněž vybaven ochranou proti tepelnému přetížení.

Zesilovač je v plastovém pouzdro známém pod názvem pentawatt s pěti jednostrannými páskovými vývody a zalisovaným plochým chladičem s dírou pro připevnění k učinnému chladiči. Pouzdro je obdobou mezinárodně známého pouzdra TO-220. Typ A2030H má tvarované vývody pro horizontální montáž, A2030V pro vertikální montáž na chladič nebo desku s plošnými spoji.



Obr. 72. Vnější provedení a hlavní rozměry A2030H (a), A2030V (b)

**Zapojení vývodů** obou typů zesilovačů je stejné: 1 – neinvertující vstup, 2 – invertující vstup, 3 – přípoj napájecího napětí záporného (nebo zemnický bod u nesymetrického napájení), 4 – výstup, 5 – přípoj napájecího napětí kladného. Vnější provedení a hlavní rozměry pouzdra zesilovačů jsou na obr. 72.

Z hlediska použití se posuzuje popsaný nf zesilovač jako výkonový operační zesilovač s vnitřní kmitočtovou kompenzací. Vestavěné ochranné obvody pro ochranu proti proudovému a tepelnému přetížení slouží k zajištění provozu zesilovače v oblasti bezpečného provozu se střídavým signálem, což je důležité si uvědomit při konstrukci jiných zařízení než nf zesilovačů. Blokové zapojení A2030 je na obr. 73.

Architekturu systému integrovaných obvodů A2030 lze charakterizovat funkčními skupinami: vstupní rozdílový zesilovač, budicí stupeň, koncový stupeň, ochranné zapojení proti vlivu nadměrné teploty, omezení výstupního proudu (ochrana proti zkratu na výstupu), proudové napájení a samočinné nastavení klidového proudu. Zesilovač je vybaven invertujícím a neinvertujícím vstupem obdobně jako operační zesilovače. K výpočtu vnějších provozních podmínek lze použít díky velkému zisku zesilovače naprázdno (asi

90 dB) běžně platné vztahy pro definování operačních zesilovačů.

Zjednodušené elektrické zapojení zesilovačů A2030 je na obr. 74. Jako vstupní zesilovač slouží rozdílový zesilovač s tranzistory p-n-p, které pracují s velmi malými proudy. Tím se udrží malé vstupní proudy rozdílového zesilovače. Emity vstupních tranzistorů pracují jako proudové zrcadlo, zvětšují proudy trojnásobně a tím se dosahuje výstupu rozdílového zesilovače s malou impedancí. Za ním pak následuje oddělovací stupeň, který přejímá funkci převodníku impedance až po buďkový stupeň.

Budicí stupeň zesiluje signál z oddělovacího stupně a řídí horní koncový stupeň. Poměr konstantního „zavíracího“ napětí budicího stupně ke zvětšujícímu se napětí báze-emitor horního koncového zesilovače při vybuzení kladnými půlvlnami se využívá k otočení fáze řídícího signálu. Ten se pak přes proudové zrcadlo používá k řízení dolního koncového zesilovače. Horní koncový zesilovač je řízen napěťově, dolní zesilovač proudově přes proudové zrcadlo. K nastavení klidového proudu je systém vybaven přidavným proudovým zdrojem, který dodává proud báze pro dolní koncový zesilovač.

Oba koncové stupně (horní i dolní) jsou vybaveny Darlingtonovými zesilovači s tranzistory n-p-n/p-n-p, jejichž úkolem je zabezpečit velmi velké zesílení a tím vytvořit předpoklad pro velmi malý výstupní odpor celého obvodu. Koncové tranzistory musí přitom zpracovat proudy až do dovoleného výstupního proudu 3.5 A při průrazném napětí kolektoru proti emitoru max. 36 V a minimálním zesílení 35. Oba koncové tranzistory zabírají asi polovinu plochy čipu celého integrovaného obvodu.

Zajímavé řešení představuje stupeň proudového napájení. Poměrně konstantní pracovní proud (asi 3 mA) dodává Zenerovu diodu, která je připojena přes nelineární epitaxní „rezistor“ na napájecí napětí 12 V (napájecí napětí může být rovno též až průraznému napětí 36 V). Tako vytvořené konstantní napětí se přivádí přes emitorový sledovač na pracovní rezistor, kde vzniká řídící proud pro kaskádu proudového zrcadla na straně kladného napájecího napětí. Jednotlivé tran-

zistory proudového zrcadla pak tvoří zdroje předesilovacího a budicího stupně, jež mají celkovou spotřebu proudu asi 6 mA.

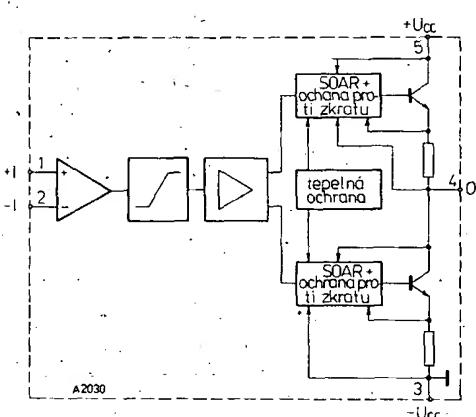
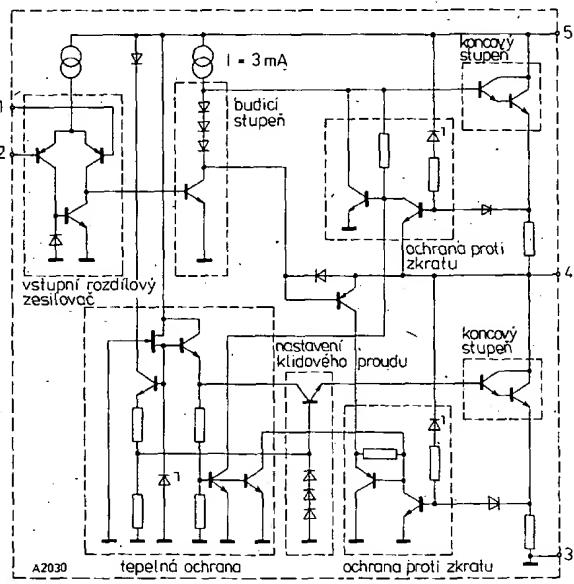
Omezení výstupního proudu, které slouží současně jako ochrana proti zkratu, zajišťují dva přibližně stejné stupně oddělené pro oba koncové zesilovače. V emitorové odbočce každého koncového stupně se vytvoří zatěžovací proudem napěťový úbytek na odporu vodivé vrstvy. Uvedený napěťový úbytek, smíšený s přiloženým napětím kolektor-emitor koncového stupně, řídí jeden tranzistor, který odvádí k zemi část, příp. celý proud báze budicího stupně koncového zesilovače. Proud báze činí asi 3 mA. Popsané proudové omezení chrání koncové stupně před přetížením nadměrným ztrátovým výkonem (ochrana označovaná SOAR) při napětí kolektor-emitor větším než 11 V a to v závislosti na vybuzení. Při napětí menším než 11 V je proud báze pro řídící tranzistor v důsledku působení Zenerovy diody nulový a proudové omezení koncového stupně je omezováno zesílením koncového stupně a proudem budicího stupně (3 mA).

Dalším ochranným stupněm je teplotní ochrana. U ní se využívá kladného teplotního součinitele Zenerovy diody v proudové napájecí části a záporného teplotního součinitele diody tvorené dráhou báze-emitor tranzistoru n-p-n. Přitom se odebírá konstantní napětí 7 V z emitorového sledovače v části proudového napájení, jež se pak zmenší odpovídajícím dělencem na prahové napětí tranzistoru n-p-n. Popsané zmenšení napětí určuje svou velikostí „odpojovací“ teplotu (je teplotně závislé). Působením záporného teplotního součinitele napětí báze-emitor obou tranzistorů n-p-n se stává kolektorové napětí funkčně závislé na teplotě čipu integrovaného obvodu. Tím je dána druhá hlavní řídící veličina funkční části omezovacího stupně výstupního proudu.

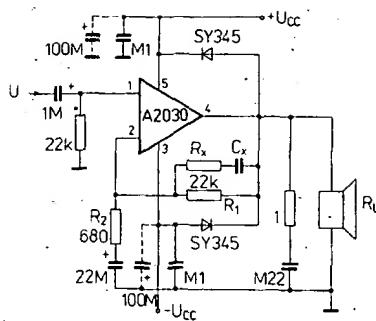
#### Doporučená zapojení

Základní zapojení integrovaných obvodů A2030H, A2030V jako nízkofrekvenčních zesilovačů výkonu jsou dvě. Jednak je to zapojení se symetrickým napájecím

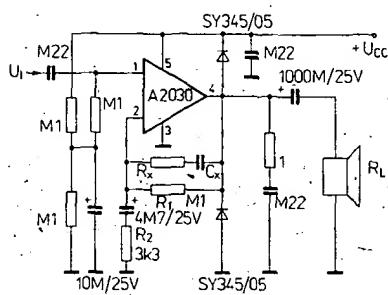
Obr. 74. Zjednodušené vnitřní elektrické zapojení A2030H, A2030V



Obr. 73. Funkční blokové zapojení A2030H, A2030V



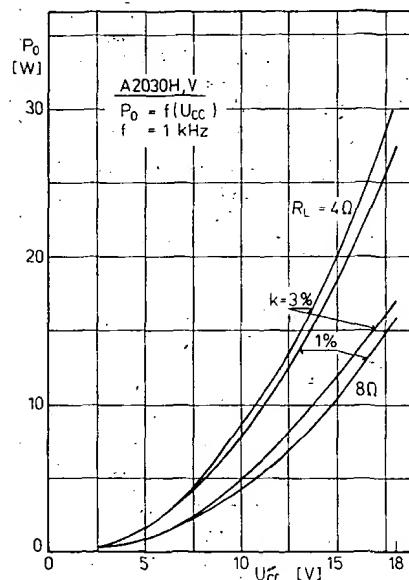
Obr. 75. Základní zapojení nf zesilovače s A2030 a symetrickým napájením



Obr. 76. Základní zapojení nf zesilovače s A2030 a nesymetrickým napájením

napětím podle obr. 75, které je obvyklé u operačních zesilovačů a rovněž u známého zesilovače s výkonem TESLA MDA2020. Druhé základní zapojení pracuje s nešimetrickým napájením podle obr. 76. V obou případech lze dosáhnout stejných výstupních výkonů, použije-li se na výstupu vazební kondenzátor s velmi malou impedancí. K potlačení brumu ze sítě se doporučuje dobré blokovat u symetrického napájení dělíc napětí  $U_{CC}/2$  na vstupu integrovaného obvodu.

Integrovaný obvod A2030 odevzdá v obou doporučených zapojeních výstupní výkon větší než 16 W při napájecím napětí  $\pm 14$  V a zatěžovací impedanci  $4 \Omega$ .



Obr. 77. Výstupní výkon nf zesilovače s A2030 v závislosti na napájecím napětí pro zátěže  $4 \Omega$  a  $8 \Omega$

### Elektrické údaje A2030H, A2030V

#### Mezní údaje (platí v celém rozsahu pracovních teplot)

Napájecí napětí symetrické:

$U_{CC} = \pm 6$  až  $\pm 18$  V.

Napájecí napětí nesymetrické:

$U_{5/3} = 36$  V.

Vstupní napětí vstupu 1:

$U_{1/3} = 0$  až  $U_{5/3}$  [V].

Vstupní napětí vstupu 2:

$U_{2/3} = 0$  až  $U_{5/3}$  [V].

Vstupní napětí rozdílové:

$|\Delta U_I| = 30$  V.

Výstupní proud:

$I_{OM} = 3,5$  A.

Ztrátový výkon celkový:

$P_{tot} = 20$  W.

Teplota přechodu:

$\theta_J = 150$  °C.

Vnitřní tepelný odpor (přechod-pouzdro):

$R_{thjc} = 3$  K/W.

Rozsah provozních teplot okolí<sup>(1)</sup>:

$\theta_a = -25$  až  $+70$  °C.

#### Charakteristické údaje ( $\theta_c = 25$ – $5$ °C)

Spotřeba napájecího proudu,  $U_{CC} = \pm 18$  V:

$I_{CC} = \text{jmen. } 40; \leq 60$  mA.

Výstupní napěťová nesymetrie,  $U_{CC} = \pm 18$  V:

$U_{OO} = \text{jmen. } 5; \leq 22$  mV.

Výstupní výkon,  $f = 1$  kHz,  $k = 10\%$

$U_{CC} = \pm 14$  V,  $R_L = 4 \Omega$ :

$P_0 = \text{jmen. } 18; \leq 16$  W.

$U_{CC} = \pm 14$  V,  $R_L = 8 \Omega$ :

$P_0 = \text{jmen. } 11; \leq 10$  W.

Zkreslení,  $U_{CC} = \pm 14$  V,  $f = 1$  kHz

$R_L = 4 \Omega, P_0 = 0,1$  W:

$k = \text{jmen. } 0,1; \leq 0,5$  %.

$R_L = 4 \Omega, P_0 = 12$  W:

$k = \text{jmen. } 0,1; \leq 0,5$  %.

$R_L = 8 \Omega, P_0 = 8$  W:

$k = \text{jmen. } 0,1; \leq 0,5$  %.

Výstupní proud bázø,  $U_{CC} = \pm 18$  V:

$I_1 = \text{jmen. } 72; \leq 1000$  nA.

Výstupní proudová nesymetrie,  $U_{CC} = \pm 18$  V:

$U_{IO} = \text{jmen. } 5; \leq 20$  mV.

Výstupní proudová nesymetrie,  $U_{CC} = \pm 18$  V:

$I_{IO} = \text{jmen. } 15; \leq 500$  nA.

Napěťový zisk otevřené smyčky

$U_{CC} = \pm 14$  V,  $U_{SET} = 20$  V,  $R_L = \infty$ :

$A_{uo} = \text{jmen. } 80; \geq 76$  dB.

Potlačení brumu napájecího napěti

$U_{CC} = 28$  V +  $U_{br}$ ,  $R_L = 4 \Omega, R_G = 22$  k $\Omega$ ,

$f_{br} = 100$  Hz (sinusový kmitočet),

$U_{br} = 0,5$  V:

$SVR = \text{jmen. } 50; \geq 40$  dB.

Pomér signálu k šumu:

$P_0 = 50$  mW,  $BW = 20$  až  $20 000$  Hz:

$S/N = 70,1$  dB.

Horní mezní kmitočet,

$P_0 = 12$  W,  $R_L = 4 \Omega$ :

$f_0 = 172$  kHz.

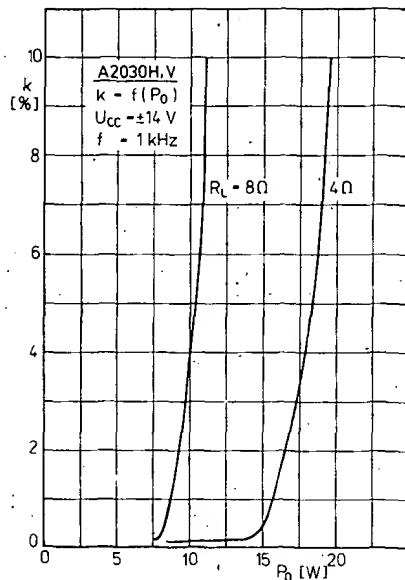
1) Platí, pokud se neprekročí  $\theta_a = 150$  °C –  $P_{tot} R_{thjc}$

Tento provoz je nejvýhodnější, neboť konstrukce obvodu je optimalizována právě pro práci s touto zatěžovací impedancí. V nutném případě je možné použít reproduktor s impedancí  $8 \Omega$ , ovšem za cenu zmenšení výstupního výkonu více než o jednu třetinu (ve srovnání s předchozím pracovním odporem) – na min. 10 W – při jinak stejném napájecím napětí a stejném zkreslení signálu.

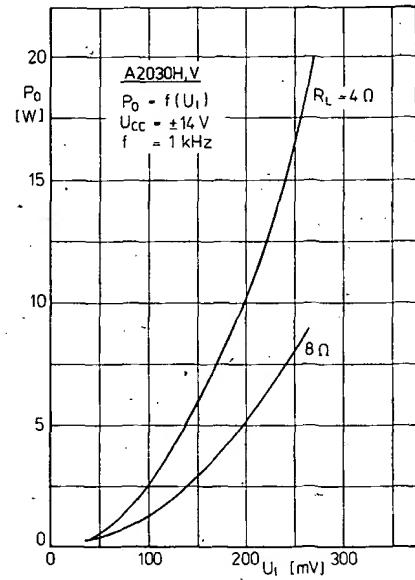
Velmi dobré patrný je rozdíl výstupního výkonu zesilovače se zatěžovací impedancí  $4 \Omega$  a  $8 \Omega$  v závislosti na napájecím napětí z grafu na obr. 77. Značný je rozdíl

průběhu výstupního výkonu při konstantním zkreslení 3 % a 1 %, který je v celém průběhu úměrný napájecímu napětí. Zkreslení nf zesilovače s A2030 v závislosti na výstupním výkonu je na obr. 78 rovněž pro zátěže  $4 \Omega$  a  $8 \Omega$ . Potřebné budicí napěti pro vybuzení zesilovače s A2030 se zatěží  $4 \Omega$  a  $8 \Omega$  při napájení doporučeným symetrickým napětím je uvedeno na obr. 79. Průběh růstu vstupního budicího napěti při zvětšování napájecího napěti nf zesilovače je na obr. 80.

Další dvě grafické závislosti jsou potřebné pro konstrukci napájecího zdroje



Obr. 78. Zkreslení v závislosti na výstupním výkonu nf zesilovače s A2030

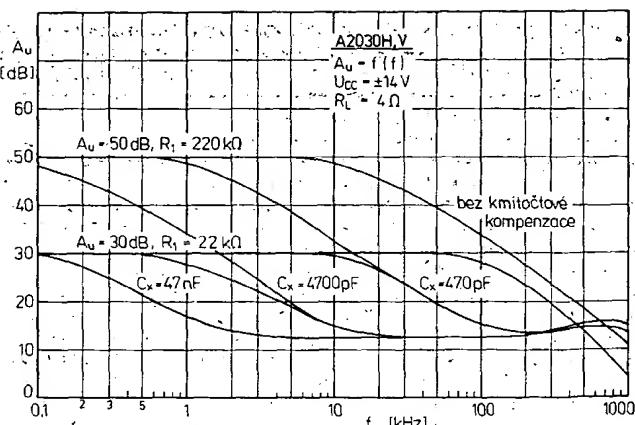


Obr. 79. Závislost vstupního budicího napěti pro vybuzení nf zesilovače s A2030

pro nf zesilovače s A2030. Na obr. 81 je celková spotřeba proudu při zvětšování napájecího napětí, na obr. 82 je spotřeba proudu v závislosti na výstupním výkonu.

Nf zesilovač výkonu s A2030 je nezbytné napájet ze stabilizovaného zdroje. Co způsobí napájení nestabilizovaným zdrojem, ukazují křivky na obr. 83. Se zvětšujícím se vnitřním odporem nestabilizovaného síťového zdroje se zvětšují ztráty výstupního výkonu, které se pak musí nahradit potřebným větším napájecím napětím, aby se dosáhlo žádaného výstupního výkonu. V praxi přistupuje k úbytku napětí na vnitřním odporu zdroje ještě navíc napětí brumu. Jako příklad poslouží uvedená grafická závislost. Při napájecím napětí  $\pm 16$  V, zkreslení 10 % a zatěžovacím odporu  $4 \Omega$  je při vnitřním odporu zdroje  $2 \times 0,5 \Omega$  výstupní výkon asi 24 W. Bude-li vnitřní odpór zdroje  $2 \times 1,5 \Omega$ , zmenší se výstupní výkon asi na 19 W, což je značná a zbytečná ztráta. Proto je nezbytné použít k napájení zesilovače

Obr. 84. Kmitočtový průběh nf zesilovače s A2030 s různými kapacitami  $C_x$  pro zisk 30 a 50 dB



stabilizovaný zdroj s co nejmenším vnitřním odporem (max. do  $0,5 \Omega$ ).

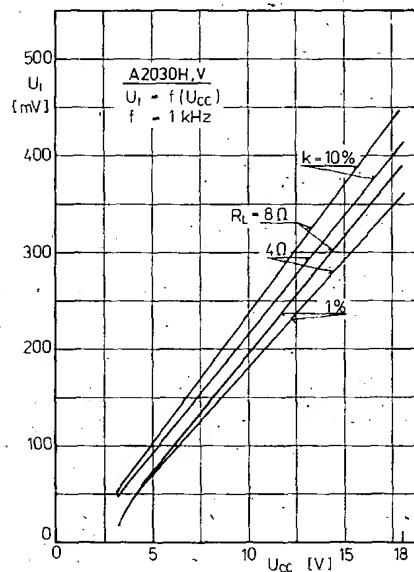
Protože integrovaný obvod A2030 má integrování vnitřní kmitočtovou kompenzaci, je jeho horní mezní kmitočet ohra-

ňen v rozsahu 150 až 200 kHz. Jak lze kombinací vnitřních součástek  $R_x$ ,  $C_x$ , upravit rozsah přenášených kmitočtů, ukazuje průběh křivek na obr. 84. Platí základní zásada, že odpor rezistoru  $R_x$  má být vždy trojnásobek odporu rezistoru  $R_2$ . Prakticky vyzkoušené úpravy přenášeného pásmá znázorňují křivky pro různé kapacity kondenzátoru  $C_x$  při základních součástkách  $R_x = 2200 \Omega$ ,  $R_2 = 680 \Omega$  a  $C_1 = 22 \mu F$ . Napětové zesílení zesilovače se zmenší nejvíce při velké kapacitě kondenzátoru  $C_x$ . Jako optimální lze považovat kapacitu 470 pF nebo jen o málo větší (max. 1000 pF). Při ní se zmenší napěťový zisk na 13 dB z původních 30 dB až okolo kmitočtu 200 kHz, bez poklesu středního zisku 30 dB je průběh přenášených kmitočtů lineární až do 10 000 Hz, kdy začne pomalu klesat.

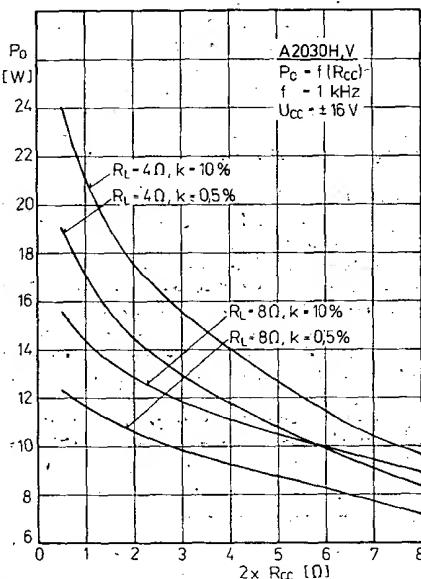
Se stejnými součástkami kmitočtové kompenzace se u zesilovače s napěťovým ziskem 50 dB zmenší zesílení již podstatně dříve (okolo 700 Hz); ovšem ještě na kmitočtu 10 000 Hz je zisk asi 34 dB. Zcela lineární je přenášené kmitočtové pásmo bez zavedení vnější kmitočtové kompenzace při zisku 30 dB nastává pomalý pokles v oblasti nad 50 000 Hz, při zisku 50 dB nad 6000 Hz.

K ziskání výstupního nízkofrekvenčního výkonu většího než 20 W se doporučuje použít dva obvody A2030 v můstkovém zapojení podle obr. 85. Oba obvody odevzdají do společné zátěže výstupní výkon prům. 38,8 W při nesymetrickém napájecím napětí 28 V, zatěžovacím odporu  $8 \Omega$  a zkreslení 10 %. Má-li být zkreslení menší, musí být menší i výstupní výkon. Tak např. při zkreslení 0,5 % bude výstupní výkon 31 W.

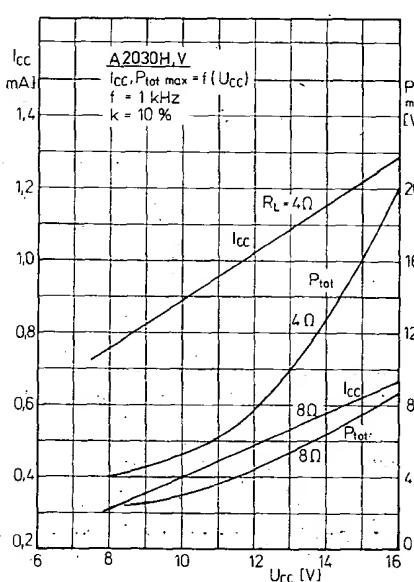
Zapojení koncového zesilovače s velkým výkonom s doplňkovými výkonovými tranzistory n-p-n a p-n-p, kterým lze dále zvětšit výstupní výkon obvodu A2030, je



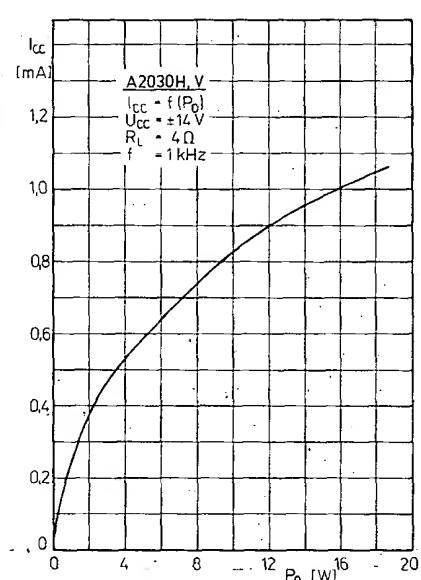
Obr. 80. Budící napětí v závislosti na napájecím napětí zesilovače s A2030



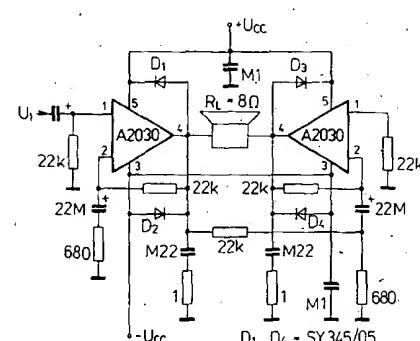
Obr. 82. Spotřeba proudu nf zesilovače s A2030 v závislosti na výstupním výkonu



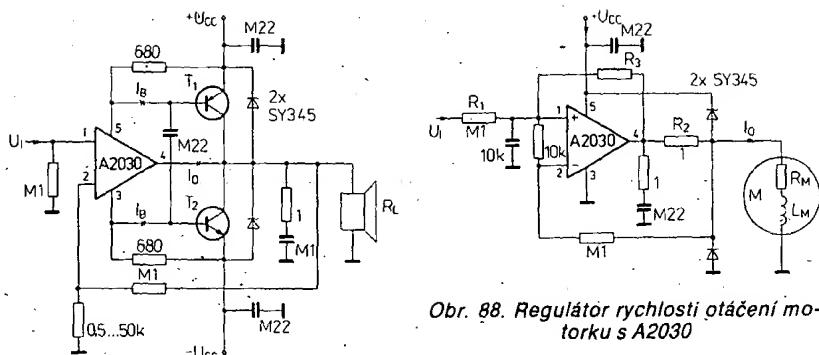
Obr. 81. Spotřeba proudu nf zesilovače s A2030 v závislosti na napájecím napětí



Obr. 83. Výstupní výkon nf zesilovače s A2030 v závislosti na vnitřním odporu napájecího zdroje



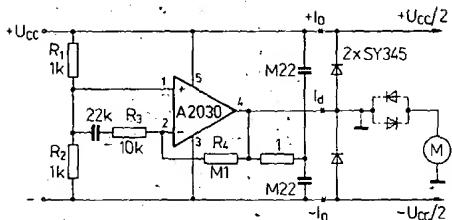
Obr. 85. Můstkové zapojení nf zesilovače výkonu se dvěma A2030



Obr. 86. Zesilovač velkého výkonu s budíkem obvodem A2030 a doplnkovými výkonovými tranzistory.

na obr. 86. Tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  odevzdají výstupní proud jen tehdy, bude-li výstupní proud obvodu A2030 asi 1 A. Tím způsobí na rezistorech  $R_1$  a  $R_2$  úbytek napětí asi 0,7 V (výstupní proud se automaticky omezi na maximální proud 1 A, k němuž se přičítá ještě proud báze). Přednost popisovaného zapojení spočívá v omezení výstupního proudu A2030 na 1 A, takže se u výkonového zesilovače neprojeví přenosové zkreslení.

Využití integrovaného obvodu A2030 není omezeno jen na oblast nf zejména výkonu. Zajímavé je použití obvodu v regulátoru napětí v zapojení podle obr. 87.

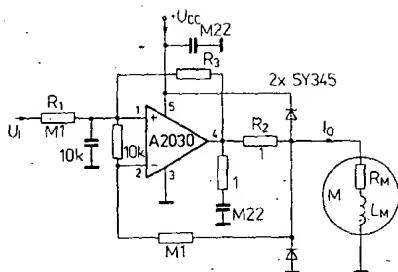


Obr. 87. Regulátor napětí s A2030 a symetrickým výstupním napětím

Pomocí obvodu A2030 se vytvoří umělý střed z nesymetrického napěti, čímž na výstupu regulátoru bude symetrické napětí (kladné a záporné). Výstupní napětí každé z obou větví bude rovné polovině přivedeného vstupního napájecího napětí. Virtuální střed vstupního napětí tvoří rezistory  $R_1$  a  $R_2$ . Tento střed je spojen s neinvertujícím vstupem obvodu A2030, který slouží jako převodník impedance. Při přetížení síťového zdroje se musí obvod A2030 otevřít jen pro rozdílový proud

$$I_d = I_{0+} - I_{0-}$$

Popsané zapojení lze použít s výhodou všude tam, kde jsou obě větve regulátoru rovnoměrně zatíženy. Další možnost se nabízí při úpravě zapojení, kdy se místo pevného odporového dílečku  $R_1/R_2$  použije plynulý regulátor. Zapojením výstupu obvodu A2030 (vývod 4) lze upravovat poměr kladného a záporného napěti v rozsahu přibližně od  $-U_{cc}$  do  $+U_{cc}$ . Jestliže se výstup obvodu A2030 neuzemní galvanicky, ale pomocí dvou antiparalelně spojených křemíkových diod (např. KY132), zvětší se napětí „nulového“ bodu asi o  $+0.8$  V, což mohou s výhodou využít železniční modeláři při napájení modelů vláčků.



Obr. 88. Regulátor rychlosti otáčení motorku s A2030

Na obr. 88 je zapojení stabilizátora rychlosti otáčení stejnosměrného motoru, které není závislé na zatěži. K udržení konstantní rychlosti otáčení při proměnné zatěži se musí kompenzovat úbytek napětí na vnitřním odporu  $R_M$  motorku. Na rezistoru  $R_2$  se měří úbytek napětí v závislosti na zatěžovacím proudu, který se přivádí přes odpor  $R_3$  na neinvertující vstup obvodu A2030 a připočítává se ke vstupnímu napětí  $U_1$ . Uvedeným způsobem se zvětšuje výstupní napětí při zvětšujícím se výstupním proudu.

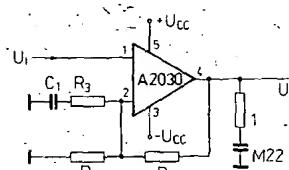
Rychlosť otáčení motorku je konstantní bez ohledu na zatížení, je-li zachována rovnost  $R_M = R_0$ ;  $R_0$  můžeme určit podle vztahu

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

K zamezení možnosti rozkmitání regulátoru během regulace se v praxi zapojení „lehce podkompenzuje“ tak, že se odpor rezistoru  $R_3$  zvětší o 5 až 10 % proti výpočtu.

Integrovaný obvod A2030 lze používat i jako výkonový operační zesilovač bez větších nároků na přesnost. Obr. 89 ukazuje zapojení neinvertujícího výkonového operačního zesilovače. Platí pro ně základní vztah

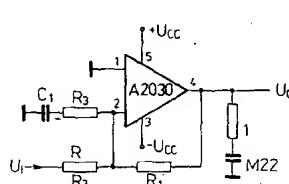
$$\frac{U_0}{U_1} = 1 + \frac{R_1}{R_2} = A_u$$



Obr. 89. Neinvertující operační zesilovač s A2030

Bude-li napěťový zisk  $A_u$  menší než 10 dB, musí se připojit přídavné součástky  $C_1$ ,  $R_3$  z invertujícího vstupu na zem. Uvedená podmínka je kritická zvlášť při zesílení rovném 1 a kmitočtu vyšším než 10 kHz. K výpočtu členu  $C_1$ ,  $R_3$  platí vztahy

$$C_1 = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{R_3}$$



Obr. 90. Invertující operační zesilovač s A2030

$$R_3 = \frac{R_1}{\frac{R_1}{2 - \frac{R_2}{R_1}}}$$

Pro zapojení integrovaného obvodu A2030 jako invertující operační zesilovač v zapojení podle obr. 90 platí vztah

$$\frac{U_0}{U_1} = \frac{R_1}{R_2} = A_u$$

Bude-li napěťový zisk  $A_u$  menší než 10 dB, musí se použít obdobná úprava zapojení přídavnými součástkami  $C_1$ ,  $R_3$ , které se připojí mezi invertující vstup a zem operačního zesilovače. Pro výpočet těchto součástek platí vztahy

$$C_1 = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{R_3}$$

$$R_3 = \frac{R_1}{\frac{R_1}{3 - \frac{R_2}{R_1}}}$$

Nízkofrekvenční zesilovač výkonu A2030 je velmi zajímavou a účelnou součástkou v dálíně elektronika za předpokladu, že se dodrží další doporučení pro konstruktéry.

Deska s plošnými spoji se musí navrhout tak, aby vodivé spoje napájecího napětí, zemění a přípoje reproduktoru měly co nejmenší impedanci. Baucherotův člen ( kondenzátor 220 nF, odpor 1 Ω) se musí připojit k vývodu 4 a na zem co nejbliží k integrovanému obvodu v přívodu koncového stupně. Zásadně se nesmí připojovat Baucherotův člen až za vazebním kondenzátorem.

Napájecí napětí se musí blokovat kondenzátorem co nejbližše integrovanému obvodu. Výstup obvodu se musí chránit před napěťovými špičkami rychlými křemíkovými diodami (např. diodami RFT SY345, TESLA KY132, dováženými 1N4001 apod.).

Konstrukční a mechanické provedení zesilovače musí dokonale zajišťovat tepelný styk mezi chladičí vložkou zalisovanou v plastovém pouzdře obvodu A2030 a chladičem. Ke zlepšení tepelného přechodu se doporučuje použít tepelně vodivou pastu. Přitílk ke chladiči se může zvětšit přídavnou objímkou nebo pružinou, obklopující integrovaný obvod a chladič.

Pracuje-li integrovaný obvod se ziskem menším než 10 dB, musí se použít přídavný článek  $RC$  mezi invertujícím vstupem a zemí, čímž se zamezí nežádoucímu rozkmitání.

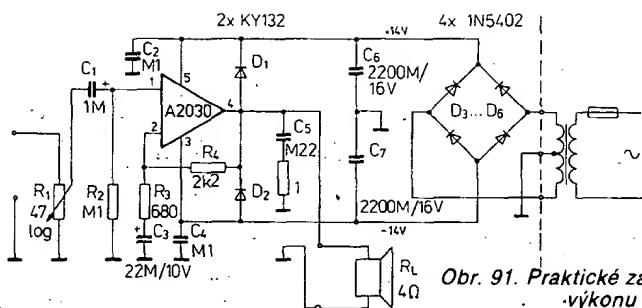
Zemění vstupního obvodu se musí připojit do místa, kde se spojují tři zemní body integrovaného obvodu (zatěžovacího obvodu, záporného napájecího napětí, integrovaného obvodu). Vyhlašovací elektrolytický kondenzátor dělící středního napětí (provoz s jedním napájecím napětím) se doporučuje připojit rovněž do uvedeného společného zemního bodu, čímž se předejdě případným rušivým napětím, která by mohla vzniknout ve vstupním obvodu.

Galvanický zkrat výstupu (vývod 4) se záporným nebo kladným napájecím napětím (vývody 3 a 5) je zásadně nepřípustný a může způsobit zničení integrovaného obvodu.

## Konstrukční část

### Nízkofrekvenční zesilovač výkonu 18 W

Integrovaný obvod A2030, který je u nás k dostání v prodejnách TESLA Eltos dovoluje skutečně velmi jednoduchou konstrukci nízkofrekvenčního zesilovače s vý-



Obr. 91. Praktické zapojení nf zesilovače výkonu s A2030

konem okolo 18 W. Jeho elektrické zapojení je na obr. 91. Obvod má vnitřní ochranu proti teplému přetížení a jeho výstup je odolný proti zkratu. Proto jsou vnější součástky omezeny na minimum. Použití symetrického napájecího napětí  $\pm 14$  V umožňuje připojit reproduktor s impedancí 4 až  $8 \Omega$  přímo na výstup obvodu bez oddělovacího elektrolytického kondenzátoru.

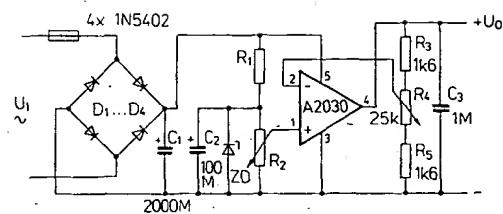
Výstupní výkon zesilovače závisí na použitém zatěžovacím odporu. Při doporučeném napájecím napětí  $\pm 14$  V je výstupní výkon minimálně

$$16 \text{ W při } R_L = 4 \Omega, 13 \text{ W při } R_L = 6 \Omega, \\ 10 \text{ W při } R_L = 8 \Omega.$$

Zesilovací činitel zesilovače určuje poměr

odporů rezistorů  $R_4/R_3$ . K plnému využití zesilovače je zapotřebí vstupní napětí asi 300 mV. Ke stavbě zesilovače je určena deska s plošnými spoji podle předlohy na obr. 92. Kromě součástek potřebných k provozu integrovaného obvodu jsou na desce usměrňovací diody  $D_3$  až  $D_6$  typu 1N5402, které slouží k usměrnění střídavého napěti z připojeného transformátoru. Diody 1N5402 jsou určeny pro trvalé zatížení střídavým proudem do 3 A, jejich závěrné napětí je max. 200 V. Jsou to součástky jugoslávské výroby, které jsou v prodejnách TESLA Eltos. Jejich předností je miniaturní provedení v plastovém pouzdru válcového tvaru s axiálními vývody. Rozmístění součástek je na obr. 93.

Integrovaný obvod A2030 se musí připevnit na vhodný, dostačně účinný



Obr. 94. Zapojení napěťového regulátoru s A2030

chladič. S vývody na desce s plošnými spoji se musí obvod propojit dostačně tlustými drátovými spoji. Chladič je vodivě spojen se záporným napájecím napětím, proto se musí montovat izolovaně vůči zemnicímu rozvodu na desce s plošnými spoji.

K napájení zesilovače je zapotřebí síťový transformátor s napětím sekundárního vinutí  $2 \times 10$  V. Aby měl napájecí zdroj malý vnitřní odpor, má být sekundární vinutí dimenzováno pro zatížení proudem 1,5 až 2 A.

#### Napěťový regulátor s A2030

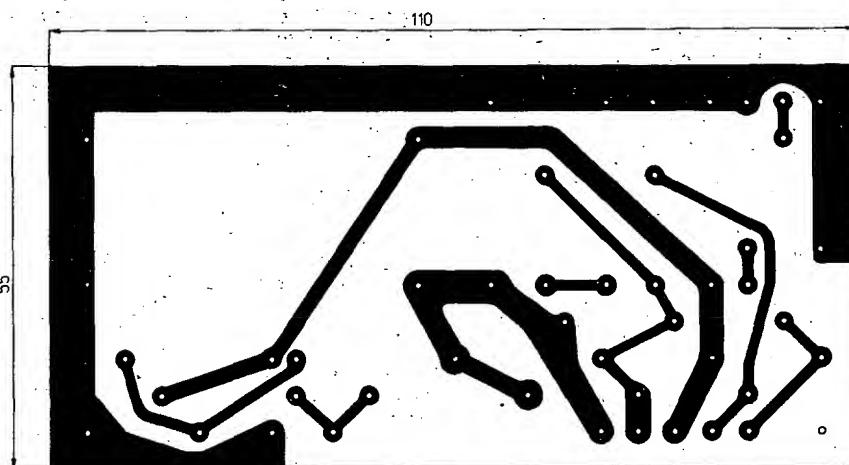
S integrovaným nf zesilovačem výkonu A2030 lze výhodně konstruovat síťový napájecí zdroje s malým výstupním napětím a středně velkým výstupním proudem. Integrovaný obvod A2030 je přípustné zatěžovat výstupním proudem až 2,5 A, vrcholovým proudem do 3,5 A. Praktické zapojení napájecího zdroje je na obr. 94. Diody  $D_1$  až  $D_4$  jsou usměrňovací diody síťového zdroje. Kondenzátor  $C_1$  slouží k základnímu vyhlazení usměrněného napěti. Na výstupu usměrňovače nemá být stejnosměrné napětí větší než 36 V. Větší napětí může poškodit nebo zcela zničit integrovaný obvod. Odpór  $R_1$  slouží k omezení proudu Zenerovy diody  $ZD_1$ , která dodává konstantní referenční napětí na vstup obvodu A2030. Odpór rezistoru  $R_1$  se vypočítá podle vztahu

$$R_1 = \frac{U_B - U_Z}{I_Z}$$

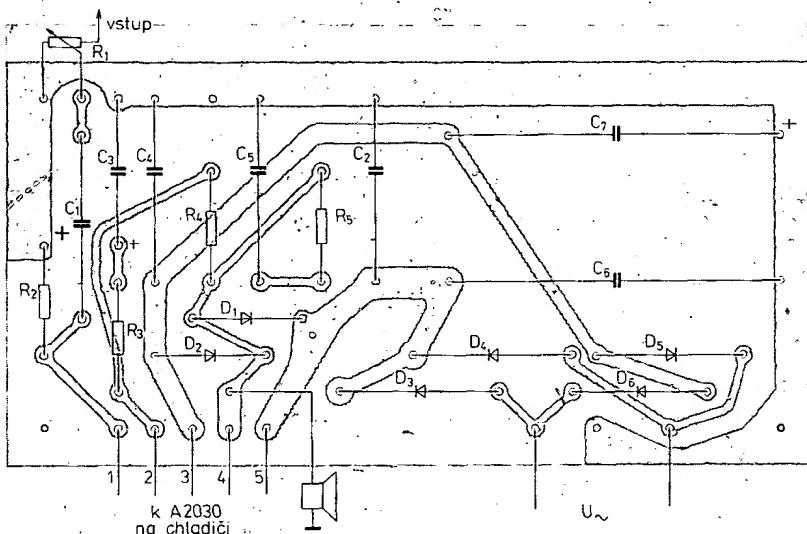
Kondenzátor  $C_2$  dále vyhlažuje referenční napětí Zenerovy diody. Pomocí regulátoru  $R_2$  se přivádí potřebné dílčí napětí ze zdroje referenčního napětí na neinvertující vstup 1 obvodu A2030. Na invertující vstup 2 integrovaného obvodu se přivádí část stabilizovaného napětí  $U_0$  z odpovídajících děličů  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ . Toto napětí se v integrovaném obvodu porovnává s referenčním napětím. Odlišuje-li se výstupní napětí od napětí referenčního, vyrovnává se otevíráním nebo uzavíráním tranzistoru jednoho koncového stupně obvodu A2030.

Popsaný napěťový regulátor lze sestavit na desce s plošnými spoji s rozlohou  $80 \times 85$  mm podle obr. 95. Integrovaný obvod A2030 se musí opatřit příslušně velkým chladičem (hliníkový profil tvaru I nebo podobný). Vstupní střídavé napětí musí být 30 V. Stabilizované výstupní napětí se nastaví na 12 V.

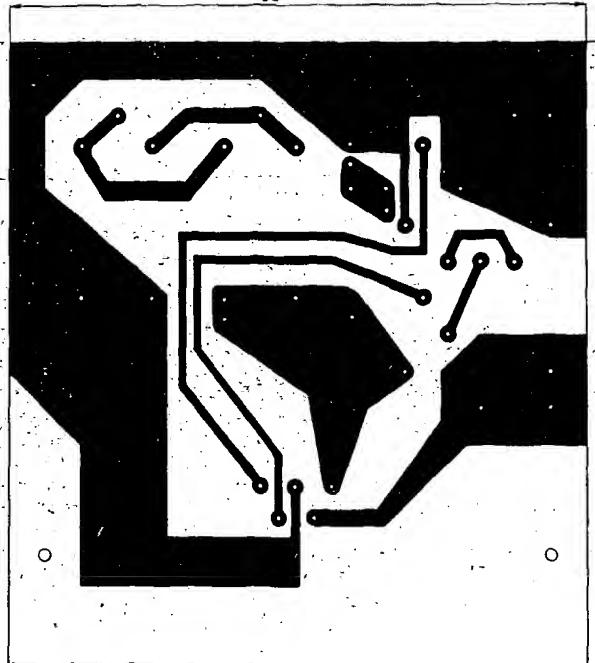
Při zatěžování regulátoru proudem do 1 A zůstává výstupní napětí konstantní. Při proudu asi 2,5 A byl změřen úbytek napětí 250 mV, což odpovídá vnitřnímu odporu regulovaného zdroje  $100 \text{ m}\Omega$ . Vnější kmitočtová kompenzace obvodu A2030 není nutná. Popisovaný regulátor



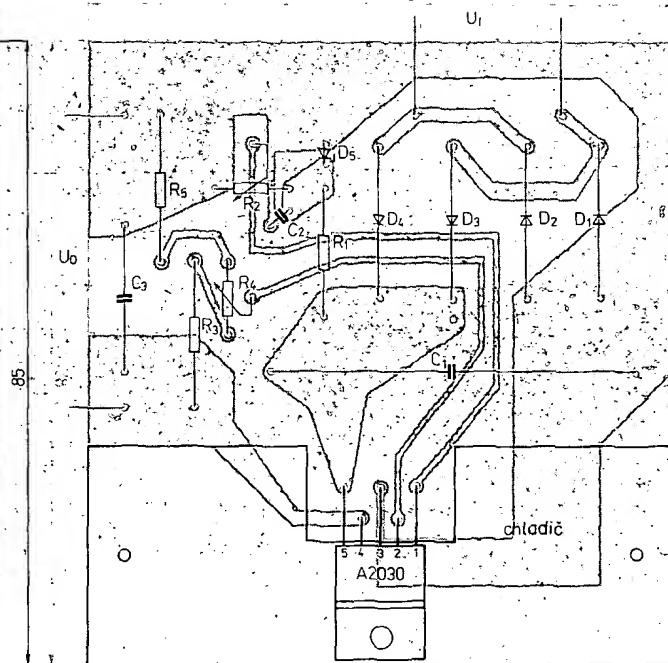
Obr. 92. Deska s plošnými spoji U221 nf zesilovače s A2030 podle zapojení na obr. 91



Obr. 93. Rozložení součástek a montážní zapojení zesilovače na desce podle obr. 92



Obr. 95. Deska s plošnými spoji U222 na přetovém regulátoru podle obr. 94



Obr. 96. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji podle obr. 95

však není odolný proti zkratu na výstupu! Zkrat na výstupu regulátoru zničí použitý integrovaný obvod. Předností popsaného napěťového regulátoru je jeho jednoduchost, malé rozdíly ve srovnání s obdobnými regulátory z diskrétních součástek a snadnost provedení i pro začátečníky. Z hlediska ekonomického třeba uvést, že k pořízení zdroje není třeba velkých finančních nákladů. Obvod A2030 je totiž levnější než jeden výkonový tranzistor. Jeho cena je Kčs 27,-.

## INTEGROVANÉ OBVODY S NĚKOLIKA FUNKCEMI

### Záznamový a snímací zesilovací obvod A202D

Jednoúčelový integrovaný obvod A202D výroby RFT z NDR slouží především jako záznamový a snímací zesilovač se samočinným řízením vybuzení v kazetových magnetofonech, přenosných přijímačích s kazetovým magnetofonem třídy III podle státní normy NDR TGL 27 616/02, ale i v jiných, nízkofrekvenčních zapojeních. Svými elektrickými vlastnostmi odpovídá obvod A202D obdobnému typu TDA1002 výrobce Philips-Valvo. Je to součástka velmi zajímavá a můžeme ji nalézt v mnoha přístrojích do využitých v domácí výrobě.

Funkční (blokové) zapojení integrovaného obvodu A202D je na obr. 97. Zapojení lze rozdělit do tří funkčních skupin: předzesilovač pro snímání záznamu z pásku, záznamový zesilovač a obvod automatického řízení vybuzení. Vhodné zapojení integrovaný obvod dovoluje realizovat záznam a snímání monofonního záznamu z pásku v kazetových magnetofonech libovolného typu.

Při záznamu zvuku mikrofonem nebo při použití jiných zdrojů signálů s malou

amplitudou se nejdříve úroveň signálu zesílí v předzesilovači s malým šumem a v záznamovém zesilovači na úroveň potřebnou pro záznam na magnetofonový pásek. Zpracovávají-li se signály s větší úrovni, jako např. výstupní signál z demodulátoru AM/FM, není třeba obvod předzesilovače používat. Záznamovou úroveň lze řídit buď automaticky nebo ručně.

Příslušnou změnou zpětné vazby předzesilovače dostaneme na výstupu při snímání záznamu z pásku výstupní napětí, které umožnuje přímo budit integrovaný výkonový nf zesilovač (např. MBA810S, MBA810DAS, A211D apod.). Blokové zapojení je doplněno o doporučené vnější obvody a součástky, potřebné pro správnou činnost celého zapojení s obvodem A202D.

Integrovaný obvod A202D se dodává v plastovém pouzdru DIL-16 s 2x osmi vývody ve dvou řadách v obvyklém provedení. Zapojení vývodů je patrné z blokového zapojení na obr. 97. Funkce vývodů: 1 – vstup předzesilovače, 2 – emitor vstupního tranzistoru předzesilovače, 3 – zemnický bod předzesilovače, 4 – výstup předzesilovače, 5 – zemnický bod předzesilovače, 6 – výstup automatického řízení vybuzení, 7 – invertující vstup záznamového zesilovače, 8 – neinvertující vstup záznamového

zesilovače, 9 – výstup záznamového zesilovače, 10 – zemnický bod záznamového zesilovače a řízení vybuzení, 11 – vývod pro připojení integračního kondenzátoru, 12 – vývod pro připojení člena  $RC$  k určení doby regulace, 13 – vstup řízení vybuzení, 14 – vstup řízení vybuzení, 15 – připoj napájecího napětí záznamového zesilovače a řízení vybuzení, 16 – připoj napájecího napětí záznamového zesilovače.

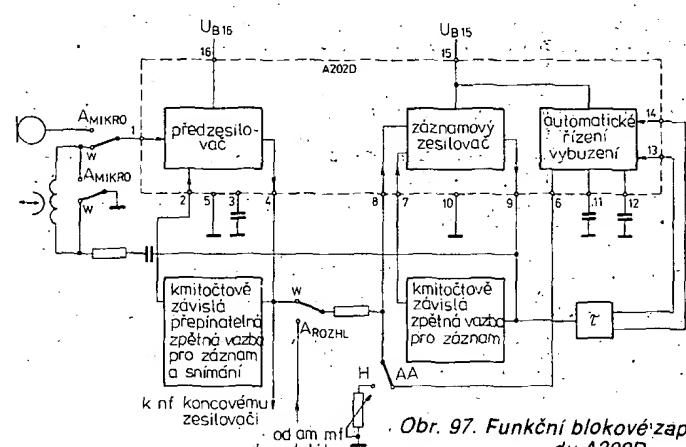
### Vnitřní zapojení

Úplné vnitřní elektrické zapojení integrovaného obvodu A202D je na obr. 98.

Funkce předzesilovače: Nastavení pracovního bodu třístupňového zesilovače je dán obvodem napěťové stabilizace, jehož funkce je patrná z dílčích zapojení na obr. 99 a 100. Při průměrném proudovém zosení  $h_{21\beta} = 100$  představují rezistory  $R_2$  a  $R_3$  prakticky nezatížený napěťový dělic. Pro napětí  $U_1$  platí přibližný vztah

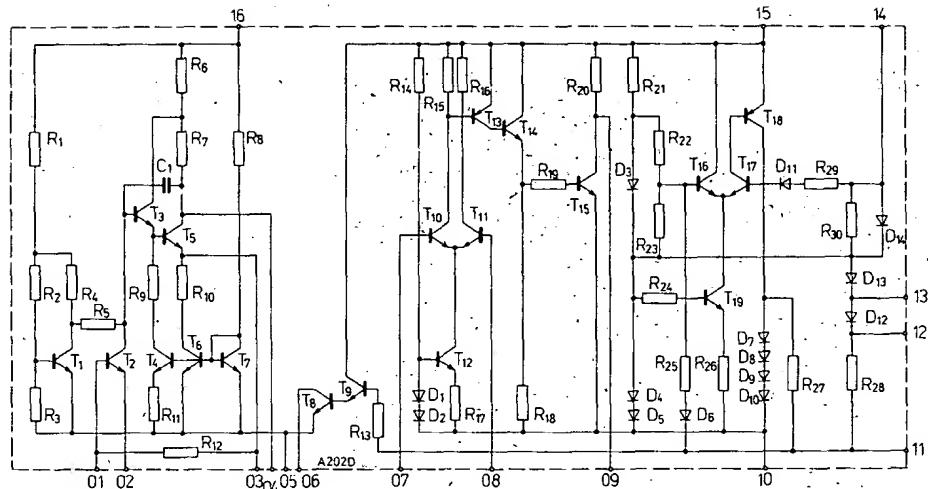
$$U_1 = U_{BE1} \frac{R_2 + R_3}{R_3} \quad (1)$$

Závislost napětí báze  $U_{BE1}$  na napájecím napětí a teplotě je dána součinitelem  $(R_2 + R_3)/R_3$ . Vhodně zvoleným odporem rezistoru  $R_4$  se získá podstatně stabilnější napětí  $U_2$  s velmi plachým maximem v doporučeném rozsahu napájecího napětí.



Obr. 97. Funkční blokové zapojení obvodu A202D

Obr. 98. Vnitřní elektrické zapojení A202D



Rezistor  $R_5$  slouží jako zatěžovací odpor vstupního tranzistoru  $T_2$ , k jehož kolektoru jsou připojena napětí  $U_{BE2} + U_{BE3} + U_{BE5}$ . Rezistor  $R_5$  s velkým odporem zaručuje nejmenší možné zatížení stabilizačního obvodu ( $I_{R4} : I_{R5} \approx 36$ ), takže statický pracovní bod zesilovače (napětí  $U_3$ ) je v provozu téměř napěťově nezávislý.

Emitory tranzistorů  $T_3$  a  $T_5$  pracují nyní proti zmenšování konstantního proudu. Zjednodušený zdroj proudu je na obr. 101. Změna provozního napětí zdroje referenčního proudu  $I_{R8}$  podmínkuje úměrnou změnu stejnosměrného výstupního napětí  $U_{O4}$  nad velikost napájecího napětí a tím optimální vybuzení předzesilovače podle vztahu

$$I_{R8} = \frac{U_{B16} - U_{BE7}}{R_8} \quad (2)$$

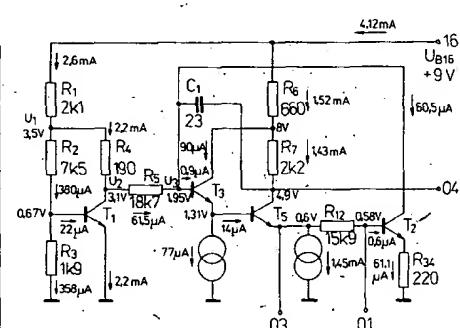
Protože kapacita  $C_1$  vnitřního přechodu má průrazné napětí asi 7 V, omezuje toto napětí schopnost vybudit předzesilovač zvláště při větších provozních napětcích. Proto platí

$$U_{O4 \max} = U_3 + U_{EB0 C1} - U_{O4} \approx 9 V - U_{O4} \quad (3)$$

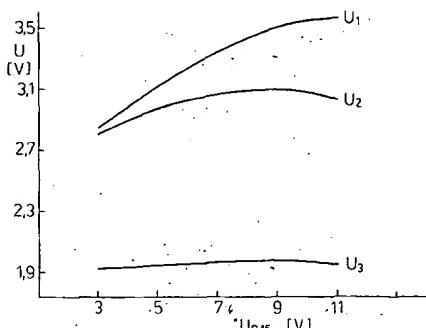
#### Elektrické údaje A202D

Mezní údaje
Napájecí napětí: Rozsah provozních teplot okolí 1) 2): při napětí $U_B = 9$ V:
$U_B = 5$ až $12$ V, $\theta_a = -25$ až $+70$ °C, $\theta_a = -25$ až $+100$ °C.
Charakteristické údaje
(platí při $\theta_a = 25 - 5$ °C, $U_B = 9$ V $\pm 0,3$ V)
a) statické údaje Spotřeba proudu předzesilovače 2) 3): $U_{I1} = 0$ V, $P_1$ sepnut: Spotřeba proudu záznamového zesilovače a řízení vybuzení 2) 3): $U_{I8} = 8$ V, $P_3$ sepnut: Spotřeba proudu záznamového napětí předzesilovače 2) 3): $U_{I1} = 0$ V: Vstupní odpor předzesilovače 2) 4):
$I_{B16} = \text{jmen. } 6; \leq 8$ mA. $I_{B15} = \text{jmen. } 10; \leq 16$ mA. $I_{B14} = \text{jmen. } 5; \leq 10$ mA. $A_u = \text{jmen. } 68; \geq 63$ dB. $U_{IN} = 0,5$ μV. $A_{u0} = 70$ dB. $k = \text{jmen. } 0,35; \leq 1,2$ %. $A_u = \text{jmen. } 69; \geq 66$ dB. $A_{u0} = 80$ dB. $U_{O8} = \text{jmen. } 900, 800 \text{ až } 1600$ mV.
b) dynamické údaje ( $f = 1$ kHz) Napěťové zesílení předzesilovače 2): $U_{I1} = 0,5$ mV, $P_2$ rozepnut: Vstupní šumové napětí předzesilovače 3): $f = 0,3$ až $15$ kHz; Napěťový zisk otevřené smyčky 2) 3): Zkreslení předzesilovače 2): $U_I = 1,25$ mV, $P_2$ sepnut: Napěťový zisk záznamového zesilovače 2): $U_{I8} = 0,22$ mV, $P_1$ sepnut, $P_3$ rozepnut: Napěťový zisk otevřené smyčky záznamového zesilovače 2) 3): Výstupní napětí záznamového zesilovače s řízením vybuzení 2): $U_{I8} = 8$ V, $P_1$ rozepnut, $P_3$ sepnut: Poměr výstupního napětí záznamového zesilovače 2): $\Delta U_{I8} = -20$ dB vztáženo na $U_{I8} = 1$ V, $P_1$ rozepnut, $P_3$ sepnut: Zkreslení záznamového zesilovače s řízením vybuzení 2): $U_{I8} = 100$ mV, $P_1$ rozepnut, $P_3$ sepnut: Doba zpoždění až do okamžiku nasazení řízení vybuzení 4): $\Delta U_{I8} = +20$ dB vztáženo na $U_{I8} = 100$ mV: Doba vypnutí řízení 4): $U_{I8} = +20$ dB vztáženo na $U_{I8} = 100$ mV, chyba řízení max. 3 dB: Doba nasazení řízení 4): $U_{I8} = 20$ dB vztáženo na $U_{I8} = 1$ V chyba řízení max. 1 dB:
$t_d = 14$ ms. $t_s = 100$ ms. $t_f = 30$ s.

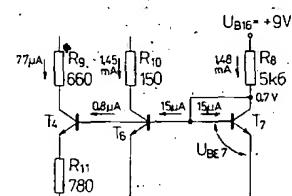
- 1) Integrovaný obvod je provozuschopný v rozsahu povolených teplot okolí, avšak musí se vzít v úvahu teplotní závislost jeho charakteristických údajů.
- 2) Měřeno v zapojení podle obr. 106a.
- 3) Měřeno v zapojení podle obr. 102.
- 4) Měřeno v zapojení podle obr. 107.



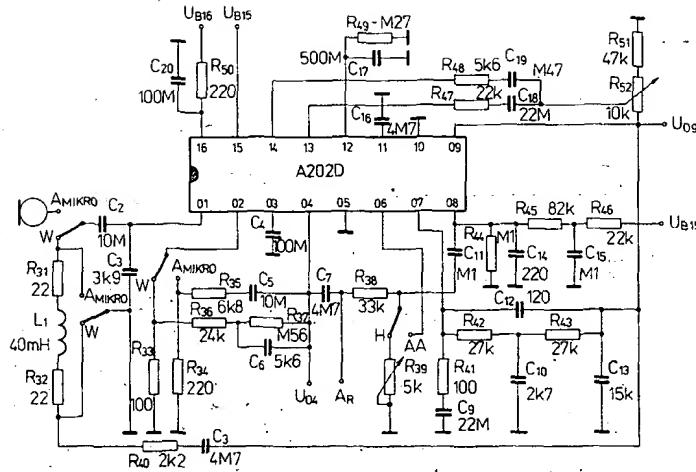
Obr. 99. Zapojení napěťového stabilizátoru a třístupeňového zesilovače obvodu A202D



Obr. 100. Závislost napětí  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  na napájecím napětí  $U_{B16}$  obvodu A202D



Obr. 101. Proudový zdroj obvodu A202D



Obr. 102. Doporučené zapojení integrovaného obvodu A202D. A – záznam, W – snímání. H – ruční řízení, AA – automatické řízení vybuzení

Předzesilovač je lineární třístupňový zesilovač s vyrovnaním zkreslení a malým šumem, určený pro záznam a snímání signálů. Má vnitřní napěťovou zpětnou vazbu kondenzátorem C<sub>1</sub> a zisk při otevřené smyčce asi 73 dB. Přepinatelná vnitřní zpětná vazba při záznamu a snímání působí z výstupu předzesilovače na emitor prvního stupně (viz obr. 102). Kondenzátor C<sub>1</sub> tvoří spolu s rezistorem R<sub>5</sub> kmitočtové závislosti napěťový dělič pro bázi druhého stupně. Mezní kmitočet f<sub>g</sub> je dán vztahem

$$f_g = \frac{1}{2\pi C_1 R_5} = \frac{1}{2\pi \cdot 23 \text{ pF} \cdot 18,7 \text{ k}\Omega} \doteq 370 \text{ kHz} \quad (4)$$

Vnitřní napěťová zpětná vazba tím přejímá úlohu potlačit výkmitání. Vhodným konstrukčním uspořádáním (díky emitorovému sledovači) má první stupeň předzesilovače zvlášť malý šum. Druhý a třetí stupeň tvoří Darlingtonův zesilovač. Emitory obou posledních stupňů pracují staticky proti zmenšování konstantního proudu, emitor vstupního stupně se připojuje přes vnější emitorový rezistor (R<sub>33</sub> (příp. R<sub>44</sub>) na zemní potenciál. Napětí emitoru výstupního stupně odpovídá „dynamicky“ potenciálu země. Všechny tři stupně předzesilovače jsou vázány galvanicky, jak je to obvyklé v technice integrovaných obvodů. Odpor rezistoru R<sub>12</sub>, který slouží k nastavení pracovního bodu tranzistoru T<sub>2</sub>, představuje současně vstupní odpor předzesilovače. Vstupní odpor předzesilovače je proto dán vztahem

$$R_{12} \approx R_{12}$$

Naproti tomu výstupní odpor je dán rezistory R<sub>6</sub> a R<sub>7</sub>, proto je

$$R_{12} \approx R_6 + R_7$$

**Záznamový zesilovač:** Statická funkce záznamového zesilovače je patrná z obr. 103. Zmenšení konstantního proudu rozdílového zesilovače závisí jen málo na napájecím napěti a může způsobit proud daný vztahem

$$I_{R17} = \frac{U_{D1} + U_{D2} - U_{BE12}}{R_{17}} \doteq \frac{0,7 \text{ V}}{1,9 \text{ k}\Omega} = 358 \text{ }\mu\text{A} \quad (5)$$

vozniho napájecího napěti. Předpětí báze tranzistoru T<sub>10</sub> se získává z výstupu přes rezistory R<sub>42</sub> a R<sub>43</sub>. Všechny stupně zesilovače jsou vázány galvanicky. Konstantní proud /R<sub>17</sub> a rezistor R<sub>15</sub> jsou zvoleny tak, aby rozdílový stupeň měl co největší zisení. Tranzistory T<sub>13</sub> a T<sub>14</sub> působí jako jediný tranzistor p-n-p s velmi velkým proudovým zesilovacím činitelem ( $h_{21E} T_{13} h_{21E} T_{14}$ ).

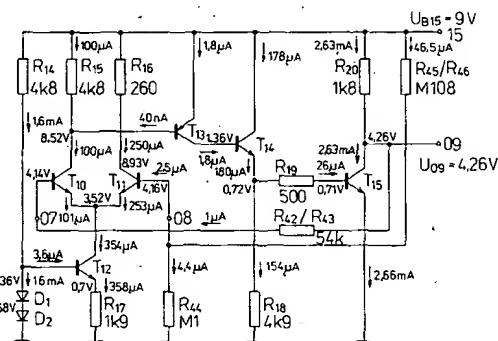
Záznamový zesilovač představuje v podstatě modifikovaný operační zesilovač s neinvertujícím (vývod 8) a invertujícím (vývod 7) vstupem. Jako u všech operačních zesilovačů je i zde vstupní odpor určen pouze vnějšími součástkami. Výstupní odpor je

$$R_0 = R_{20} = 1,8 \text{ k}\Omega$$

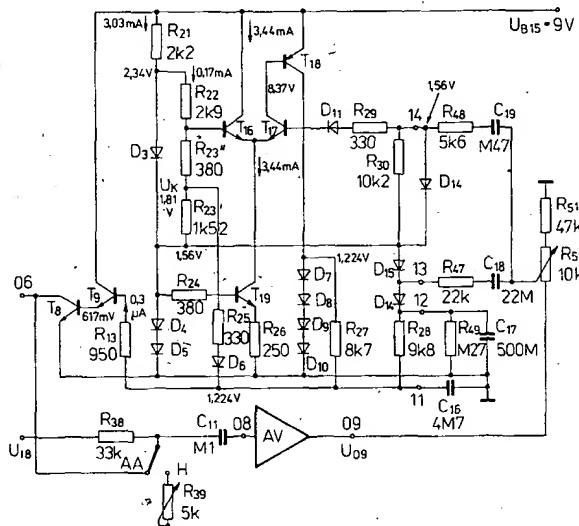
zisk s otevřenou smyčkou je asi 79 dB. Protože konstantní proud tranzistoru T<sub>12</sub> se může zmenšovat až do okamžiku, kdy napětí kolektoru U<sub>C12</sub> bude 0 V, lze bez zkreslení vybudit záznamový zesilovač ve velmi širokém rozsahu.

**Automatické řízení vybuzení:** Činnost záznamového zesilovače s automatickým

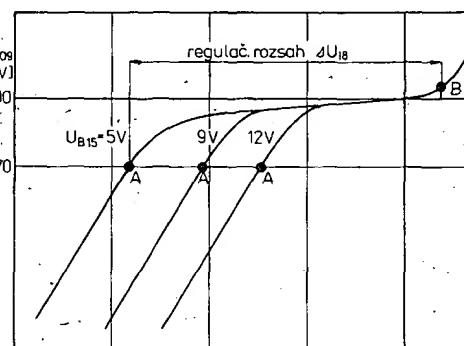
Obr. 103. Záznamový zesilovač obvodu A202D



Obr. 104: Obvod automatického řízení vybuzení obvodu A202D s nutnými vnějšími součástkami



Obr. 105. Základní průběh řízeného výstupního napěti v závislosti na vstupním napěti A202D. A – bod nasazení řízení, B – bod ukončení řízení



řízením vybuzením spolu s vnějšími součástkami je zřejmá z obr. 104. Tranzistory T<sub>16</sub> a T<sub>17</sub> rozdílového zesilovače mají poměr ploch emitorů 2,2 : 1. Zmenšení konstantního proudu tranzistoru T<sub>19</sub> je v podstatě obdobné jako u záznamového zesilovače. Konstantní proud  $I_{R20} = 3,4 \text{ mA}$  je relativně velký. Jeho úkolem je umožnit rychlé přepínání vnějšího kondenzátoru. V důsledku rozdílných předpětí bází tranzistorů T<sub>16</sub> a T<sub>17</sub> a již uvedeného poměru ploch emitorů protéká kolektorem tranzistoru T<sub>16</sub> bez signálu celkový konstantní proud, tranzistor T<sub>17</sub> je naproti tomu zcela uzavřen. Předpětí báze T<sub>16</sub> je tak malé, že tranzistor T<sub>19</sub> stále pracuje v nasyceném stavu. Předpětí báze T<sub>17</sub> je o 0,8 V menší než tranzistoru T<sub>16</sub>. Tím působí tranzistor T<sub>17</sub> jako běžně zapojený tranzistor, na jehož emitor je konstantní napětí, a jímž může protékat konstantní proud  $I_{R20}$ . Tepře až vrcholová hodnota regulovaného výstupního napěti  $U_{09}$  je větší než 0,8 V (efektivní napětí asi 570 mV), proto kladné napěťové špičky výstupního napěti  $U_{09}$  vybudí poněkud tranzistor T<sub>17</sub>.

Tento stav určuje bod nasazení regulace, jak je znázorněno na obr. 105. Při výstupních napětech  $U_{09} = 570 \text{ mV}$  regulace nenasadí. Napěťové zesílení je dáno vztahem

$$A_u = \frac{\Delta U_{09}}{\Delta U_{18}} = 33,$$

což platí v lineární, neřízené části charakteristiky. Určuje se nastavením zpětné vazby záznamového zesilovače s poměrem odporu rezistoru R<sub>38</sub> a odporu R<sub>CES</sub> odporového děliče napětí v počátečním a klidovém stavu.

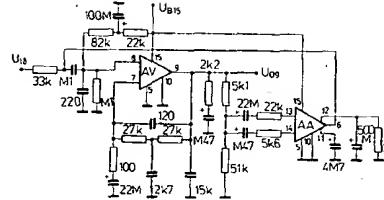
Na kombinaci tranzistorů T<sub>8</sub> a T<sub>9</sub> v Darlingtonově zapojení je přes odpor R<sub>13</sub>, diodu D<sub>6</sub> a odpor R<sub>25</sub> napětí  $U_k = 1,81 \text{ V}$ ; je nepatrně závislé na napájecím napětí.

Ze zapojení vyplývá, že klidový proud  $I_{R13}$  je asi 300 nA pro výstupní napětí  $U_{09}$  v rozsahu 0 až 570 mV. Klidový proud regulačního tranzistoru T<sub>8</sub> určuje výstupní odpór R<sub>CES</sub> (= 2,5 kΩ). Při ruční regulaci můžeme proto použít potenciometr 2,5 kΩ.

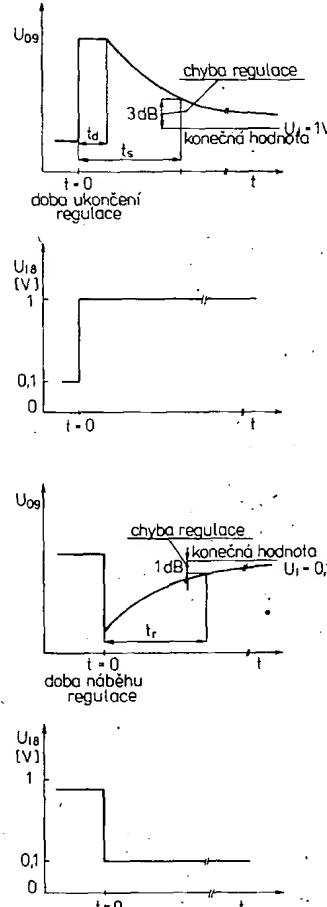
Zvláštnost regulačního tranzistoru spočívá v tom, že jeho kolektor není připojen k žádnému vnějšímu zdroji stejnosměrného napětí. Tranzistor T<sub>8</sub> proto pracuje v nasyceném stavu při velmi malém napěti kolektor-emitor  $U_{CES}$ . V tom pracovním režimu může tranzistor pracovat buď jako proudový omezovač nebo jako zdroj proudu. Při zvětšení proudu báze se zmenší odpór kolektor-emitor tranzistoru. Při tomto pracovním bodu může tranzistor T<sub>8</sub> reguloval bez zkreslení jen signály s velmi malou amplitudou střídavého napěti (asi jen 2 až 10 mV).

Napětí  $U_k$ , klidový proud  $I_{R13}$ , vstupní odpór R<sub>CES</sub> regulačního tranzistoru a zesílení A<sub>u</sub> v neřízeném rozsahu charakteristiky tvoří účinný řetěz, na jehož začátku stojí napětí  $U_k$ . Jeho velikost určuje polohu bodu A pro nasazení regulace a regulačního rozsahu  $\Delta U_{18}$ . Nepatrné zmenšení napěti  $U_k$  má za následek podstatné zvětšení rozsahu regulace a naopak. Proud  $I_{R21}$ , který je napěťově závislý, způsobuje rovněž kolísání napěti  $U_k$  a tím poměrně velkou a nežádoucí závislost regulačního rozsahu na napájecím napětí.

Napětí  $U_k$  bylo u obvodu A202D voleno tak, aby v celém rozsahu napájecího napětí  $U_b$  od 5 do 12 V byl zaručen statický a dynamický regulační rozsah, tzn. musel se zvolit kompromis mezi regulačním rozsahem a zkreslením při napájecím napěti 5 V. Zvětšení zkreslení na dolní hranici napájecího napěti je způsobeno menším napětím  $U_k$  a tím posunutím



Obr. 106a. Zapojení k měření vlastností obvodu A202D



Obr. 106b. Definice doby nasazení řízení a doby ukončení řízení

pracovního bodu regulačního tranzistoru.

Vlastní regulační rozsah, ležící mezi bodem nasazení a bodem vysazení regulace se rozprostírá až do výstupního napěti  $U_{09}$  asi 900 až 1100 mV. Kladné původně regulačního výstupního napěti  $U_{09}$  nabíjejí kondenzátory C<sub>16</sub> a C<sub>17</sub>. Dobití kondenzátorů C<sub>16</sub> a C<sub>17</sub> zvětší napětí  $U_{11}$ , čímž se ukončí regulace výstupního napěti. Po dobu 200 ms má výstupní napětí odchyliku jen asi 2,5 dB od konečné statické hodnoty.

Záporný skok vstupního napětí o -20 dB (zmenšení napěti z 1000 mV na 100 mV) změní za dobu  $t = 0$  výstupní napětí rovněž o 20 dB, neboť v prvním okamžiku kondenzátor C<sub>17</sub> zachová proud  $I_{R13}$  protékající před napěťovým skokem. Vybitím kondenzátoru C<sub>17</sub> se zmenší proud  $I_{R13}$  a výstupní napětí se pomalu zmenší.

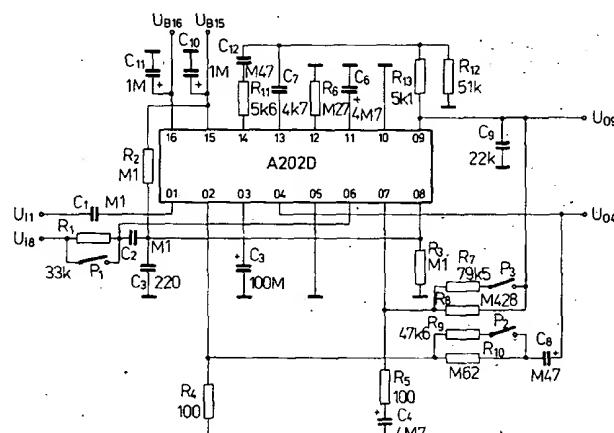
Mezní přípustné údaje, stejně jako charakteristické údaje obvodu A202D jsou v tabulce elektrických údajů. (Údaje se vztahují na předepsané měřicí obvody podle obr. 107 a 106). Z charakteristických údajů je patrné, že obvod je určen pro práci s jmenovitým napájecím napětím 9 V. Musí-li konstruktér použít napájecí napětí 12 V, může dodat výrobce speciálně vybraný obvod s označením A202D-1, který má při napájecím napětí  $U_{B15} = 12 \text{ V}$  zaručenou změnu regulovaného výstupního napěti  $\Delta U_{09} \leq 6 \text{ dB}$ . Všechny ostatní charakteristické údaje vybraného typu jsou shodné se základním typem.

#### Doporučená zapojení

Příklad praktického zapojení integrovaného obvodu A202D byl již uveden na obr. 102. Pokud nebude uvedeno jiné zapojení, platí všechny dále uvedené informace pro hodnoty součástek v tomto zapojení. Předzesilovač se používá při záznamu jako snímací zesilovač pro řízení nízkofrekvenční části. Proto se může záznamový zesilovač pevně připojit pro funkci „záznam“ a lze vypustit jinak běžně používané množství poruchových přepínacích obvodových prvků.

#### Předzesilovač

Při záznamovém provozu se přivede v doporučeném zapojení na zesilovač signál (na obr. 102 pracuje předzesilovač jako mikrofonní zesilovač). Kmitočtový průběh zesilovače je ovlivněn členem RC, složeným z rezistorů R<sub>33</sub> až R<sub>35</sub> a konden-



Obr. 107. Měřicí zapojení obvodu A202D

zátoru  $C_5$  tak, že je až do kmitočtu 50 kHz lineární. Napájecí napětí předzesilovače lze ještě dodatečně filtrovat pomocí zvláštního vývodu 16. Vstupní odpor předzesilovače je  $16 \text{ k}\Omega$  a závisí pouze na vnitřním odporu mezi vývody 01 a 03.

Při snímání záznamu z pásku má předzesilovače zisk 54 dB na kmitočtu 1 kHz. Korekce zkreslení se připojuje pomocí přepínače „záznam/snímání“ v vývodu 02. Kmitočtový průběh snímaného záznamu je dán vnějšími rezistory  $R_{34}$ ,  $R_{36}$  a  $R_{37}$  a kondenzátorem  $C_6$ . Kapacita kondenzátoru  $C_6$  spolu s indukčností snímací hlavy udává rezonanční frekvenci pro zvednutí vysokých kmitočtů při snímání. Kondenzátor  $C_7$  slouží k vazbě na předzesilovače s koncovým stupněm.

#### Záznamový zesilovač

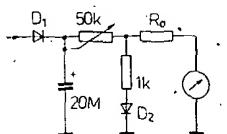
Kmitočtová charakteristika záznamového zesilovače je dána vnějšími rezistory  $R_{41}$ ,  $R_{42}$ ,  $R_{43}$  a kondenzátory  $C_9$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$  tak, aby splňovala žádaný průběh. Odpor  $R_{44}$ ,  $R_{45}$ ,  $R_{46}$  slouží k vytvoření předpěti báze na vývod 08. Z výstupu záznamového zesilovače (vývod 09) se přivádí přes  $R_{42}$ ,  $R_{43}$  předpěti báze na vývod 07. Napěťový dělič na výstupu, vytvořený z rezistorů  $R_{51}$ ,  $R_{52}$ , zmenšuje v případě potřeby výstupní signál (využitím řídicích vstupů – vývody 13, 14), takže takto lze ovlivňovat různé výstupní napětí. Výstupní napětí vývodu 9 se přivádí přes kondenzátor  $C_8$  a rezistor  $R_{40}$  na záznamovou hlavu.

#### Automatické řízení vybuzení

Řídící zesilovač pracuje přes rezistor  $R_{38}$  a proměnný odpor řídícího tranzistoru na vývodu 06 jako vstupní dělič pro záznamový zesilovač. Při nasyceném řídícím tranzistoru protéká proud báze přechodu kolektoru a emitoru. Proud protékající přechodem kolektor-báze mění koncentraci jen lehce dotované n-epitaxní oblasti. Výsledkem je zmenšení kolektorového odporu řídícího tranzistoru.

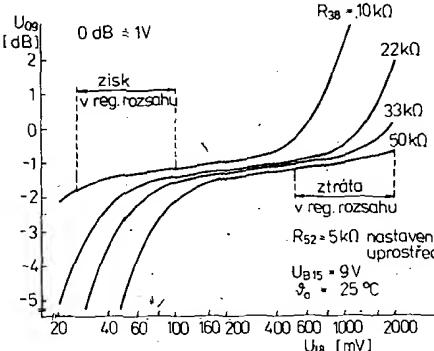
Pokud nechceme využívat automatické řízení vybuzení, oddělíme vývod 06 od vstupu zesilovače stejně jako regulovatelný tranzistorový odpor, který nahrádime potenciometrem  $R_{39}$  s odporem odpovídajícím hodnotám mezi 2,5 a 50 k $\Omega$ . Použijeme-li rezistor 1 k $\Omega$ , zmenší se výstupní napětí asi o 1 dB.

V důsledku koncepce obvodu A202D s automatickým řízením vybuzení, který je určen pro použití v jednoduchých, malých a levných přijímačích s kazetovým magnetofonem, se nepočítá s výstupem pro samostatný měřicí úrovni. Pokud se použije ruční řízení vybuzení, může se připojit ukazovatel vybuzení k výstupu (vývod 09) s příslušnou konstantou a nelineárním rozsahem zobrazení. Všeobecně se požaduje na ukazovatele krátká doba náběhu, dlouhá doba zpětného běhu a příslušná kmitočtová závislost vybuditelnosti. Velmi jednoduchý ukazovatel vybuzení je na obr. 108. Dioda D působí spolu s rezistorem  $R = 1 \text{ k}\Omega$  jako bójčník v horním rozsahu ukazovatele.



Obr. 108. Jednoduchý indikátor vybuzení při ručním řízení obvodu A202D

Paralelně k automatickému vybuzení lze připojit též ruční řízení. Je-li odpor ručního regulátoru  $2,5 \text{ k}\Omega$ , vzniká uprostřed chyba zmenšením výstupního napětí o  $0,15 \text{ dB}$  při vstupním napětí  $U_{18} = 100 \text{ mV}$  a  $3 \text{ dB}$  při  $10 \text{ mV}$ . Rozsah regulace pro změnu výstupního napětí o  $3 \text{ dB}$  je při odporu  $2,5 \text{ k}\Omega$  menší o  $3 \text{ dB}$ , tj. asi o  $10\%$ . Nadřazení ručního řízení vybuzení nad vybuzením automatickým pomocí obvodu A202D je svým způsobem samoúčelné. Indikace vybuzení není proto bezprostředně nutná. Má-li se dosáhnout maximálního vybuzení při řízení záznamu, musí úroveň před rezistorem  $R_{38}$  odpovídат při kmitočtu 1 kHz regulační křivce v rozsahu mezi  $100 \text{ mV}$  a  $1000 \text{ mV}$  (obr. 109).



Obr. 109. Výstupní napětí záznamového zesilovače s automatickým řízením vybuzení v závislosti na vstupním napětí

Regulační odchylka je v tomto případě podle technických údajů obvodu A202D menší než  $3 \text{ dB}$ . Typická odchylka (při napájecím napětí 9 V) je 1 až  $2 \text{ dB}$ . Regulační křivka se může posunout změnou odporu rezistoru  $R_{38}$  nad rozsah vstupního napětí. Při zmenšení odporu rezistoru  $R_{38}$  se posune regulační charakteristika podle obr. 109. V podstatě zde platí, že regulační rozsah získaný příliš malými vstupními napětmi se ztrácí při větších vstupních napětcích.

#### Automatika vybuzení

Automatika vybuzení má následující úlohy: Úroveň signálu má řídit tak, aby se při hlasitých místech dosáhlo právě vhodného vybuzení. Právě nastavený stupeň zvětšení záznamového zesilovače se musí dlouho udržovat konstantní a to nezávisle na úrovni vstupního signálu. Automatika musí okamžitě sledovat motivované kolísání regulace.

Automatika obvodu A202D zůstává dynamiku záznamu jen v předem daných hranicích podle materiálu použitého záznamového pásku. Při signálu, který by mohl přebudit záznam např. o  $20 \text{ dB}$ , upraví automatika příliš velkou úroveň během  $100 \text{ ms}$  na velikost, jež nezkreslí záznam na pásku. Přebuzené signály s dobou trvání menší než  $200 \text{ ms}$  lidské ucho vnímá jako zkreslení.

Kombinace členů  $RC$ , složené ze součástek  $R_{48}$ ,  $C_{19}$ ,  $R_{47}$ ,  $C_{18}$  určuje zpoždění odezvy obou regulačních výstupů (vývod 13 a 14). Krátké a nežádoucí rušivé impulsy budou potlačeny a nevyvolají působení regulace. K vývodu 12 připojený člen  $C_{17}$ ,  $R_{49}$  pevně nastavuje konstantní nasazení regulace. Rezistor  $R_{49}$  ovlivňuje přes vnitřní rezistor  $1 \text{ k}\Omega$  mezi vývody 12 a 11 bází řídícího tranzistoru. Změna konstanty nasazení regulace pomocí  $R_{49}$  působí proto na řízení výstupního napětí a průběh regulační charakteristiky. Takto zmenšené výstupní napětí lze nastavit opět na žádanou velikost výstupním děličem  $R_{51}$ ,  $R_{52}$ . Dělič

je proměnný v širokých mezích a zaručuje u všech kusů obvodů A202D možnost nastavit výstupní napětí 1 V při vstupním napětí 1 V. Zmenšením odporu rezistoru  $R_{49}$  při stejně kapacitě kondenzátoru  $C_{17}$  ( $500 \text{ }\mu\text{F}$ ) se zkrátil doba nasazení regulace. S  $R_{49} = 50 \text{ k}\Omega$  se dosáhne při skoku vstupního signálu o  $-20 \text{ dB}$  (z 1 V na  $100 \text{ mV}$ ) regulační odchylky  $2 \text{ dB}$  vůči nastavené konečné hodnotě po 2 sekundách. Dynamika se přitom již znatelně zmenší. Pro kombinaci  $RC$  na vývodu 12 podle doporučeného zapojení doba nasazení regulace vyhovuje pro použití IO v kazetových magnetofonech.

Je-li žádoucí komprese dynamiky např. při záznamu zvuku z mikrofonu, může se zmenšit kapacita kondenzátoru  $C_{17}$ . Účelné je však zmenšit odpor rezistoru  $R_{49}$  v daných mezích pro změnu řiditelného výstupního napětí, protože bude nepatrné zvětšení regulačního rozsahu.  $R_{49}$  nemá mít přitom větší odpor než  $500 \text{ k}\Omega$ , neboť se jinak podstatně zmenší regulační rozsah.

Přesto není účelné libovolné zvětšovat odpor rezistoru  $R_{49}$  při požadovaném prodloužení doby nasazení regulace. Zvětšení kapacity kondenzátoru  $C_{17}$  způsobí jen nepatrné zvětšení jinak velmi rychlého nasazení regulace. Z technického hlediska je proto neodůvodněné.

#### Sumové vlastnosti předzesilovače

Předzesilovač integrovaného obvodu A202D má malý šum, tzn. šum prvního zesilovacího stupně je určen velkou strukturou systému prvního tranzistoru a malými zvolenými pracovními proudy (asi jen  $61 \text{ }\mu\text{A}$ ). Ekvivalentní šumové napětí činí

$$U_{IN} = \frac{\text{výstupní šumové napětí}}{\text{zesílení při } f = 1 \text{ kHz}}$$

V našem případě je dáné napětim  $0,5 \text{ }\mu\text{V}$  pro šířku  $6 \text{ dB}$  měřeného kmitočtového pásmu  $300 \text{ Hz}$  až  $15 \text{ kHz}$  pro obě zpětné vazby předzesilovače. Ke kmitočtové závislosti šumu integrovaného obvodu A202D v pásmu  $300 \text{ Hz}$  až  $30 \text{ kHz}$  je třeba dodat, že se zvětší o  $10 \text{ dB}$ . Naměřený údaj je podstatně menší než údaj uváděný v charakteristických údajích. Vztahuje se na kmitočtově nezávislé napěťové zesílení  $60 \text{ dB}$ .

#### Připomínka k použití

Obvod A202D se musí uzemnit pomocí obou vývodů pro spojení ze zemním potenciálem a to i když se použije pouze předzesilovač. Jestliže se oba vývody nepřipojí na zem, může protékat proud vytvořenou parazitní strukturou tranzistoru p-n-p a n-p-n přes tranzistor  $T_2$ , kterým se zničí vodivá cesta k vývodu 16. Rovněž zasunutí integrovaného obvodu do objímky s připojeným napájecím napětím může působit ze stejné příčiny zničení součástky. K zemnění se zásadně musí vždy používat oba zemníci vývody (5 a 10). V případě, že se spinají na zemní potenciál přepínačem, musí se připojovat současně.

Dělič výstupního napětí  $R_{51}$ ,  $R_{52}$  v doporučeném provozním zapojení slouží k nastavení výstupního napětí v rozmezí  $700 \text{ mV}$  až  $1600 \text{ mV}$ . Odpor rezistoru  $R_{38}$  ( $33 \text{ k}\Omega$ ) byl volen tak, aby užitečný regulační rozsah byl právě uprostřed. Použijeli se místo pevného rezistoru potenciometr, lze využívat rozptýly jednotlivých kusů integrovaných obvodů, které způsobí zúžení regulačního rozsahu.

Vývody 15 a 16 pro přívod napájecího napětí se připojují na napájecí zdroj přes odporník  $R_{50}$ . Protože s menším napájecím napětím  $U_{B15}$  se značně zvětšuje regulační

rozsah, je možno v odůvodněném případě zmenšit napájecí napětí vývodu 15.

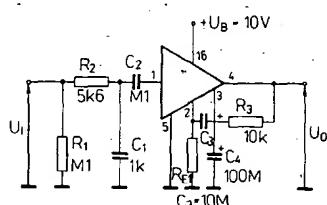
Při provozu se zmenšeným rozsahem dynamiky (např. během přepínání řeč/hudba) je lepší zmenšit odpor rezistoru  $R_{49}$  než zmenšit kapacitu kondenzátoru  $C_{17}$ , neboť se tím ještě zvětší regulační rozsah.

Předzesilovač je použitelný ve spojení s mikrofony s výstupním napětím od 0,2 mV do 40 mV.

### Nízkofrekvenční předzesilovač s A202D

Hlavní obor použití obvodu A202D je jako záznamový a snímací zesilovač v kazetových magnetofonech. Součástka si však zaslouží větší pozornost, neboť s ní lze konstruovat nf předzesilovače s aktivní regulací hlasitosti, tónu a řízení úrovně.

Třístupňový galvanicky vázaný předzesilovač má pracovní bod nastaven v optimálním rozsahu provozního napěti stabilizací. Kmitočtovou kompenzaci zesilovače zajišťuje integrovaný diodový kondenzátor. Výsledkem je napěťový zisk naprázdno okolo 73 dB s velmi nepatrným neliniérním zkreslením a to bez zvláštních zapojení zpětnovazební smyčky. Slučitelnost výstupního signálu v doporučeném zapojení podle údajů výrobce s hodnotou  $R_{E1}$  je nepatrna (max. 100 mV). Je proto nutné zjistit v měřicím obvodu podle obr. 110 typické závislosti a chování zesilovacího stupně při vybuzení v závislosti na odporu  $R_{E1}$  a současně též zkreslení. Naměřené typické závislosti jsou na obr. 111.

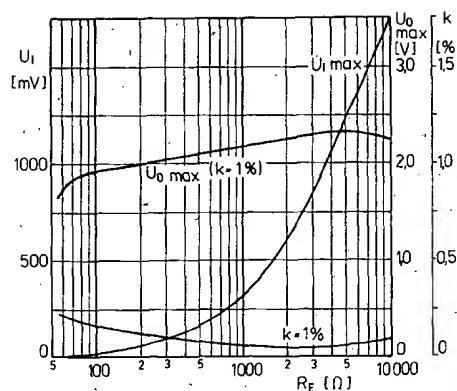


Obr. 110. Zapojení pro měření předzesilovače obvodu A202D

Zpětnovazební odpor nelze zvolit podstatně menší než 10 kΩ, neboť v důsledku poměrně velkého výstupního odporu předzesilovače (asi 3 kΩ) se zmenšuje schopnost vybuzení. Dále se prokázalo, že většího výstupního napěti se dosáhne teprve tehdy, bude-li  $R_{E1}$  větší než 1 kΩ. V tomto případě bude minimální zkreslení při maximálním výstupním napěti.

Při velkém zesílení naprázdno se určí zesílení podle vztahu

Obr. 111. Naměřené závislosti výstupního napětí max. výstupního napětí a zkreslení předzesilovače A202D na odporu vnějšího rezistoru  $R_E$



$$A = \frac{U_o}{U_i} = \frac{R_{E1} + R_k}{R_{E1}}$$

Při praktickém ověřování bylo naměřeno menší zesílení a to v důsledku dělení napětí na výstupu. Náhradíme-li pevný rezistor  $R_{E1}$  potenciometrem 5 kΩ, lze zesílení nastavovat plynule. Při zesílení větším než 500 se značně zvětší zkreslení (malá zpětná vazba). Výsledkem je zjištění, že se obvod nehodí pro lineární nf předzesilovače.

V zapojení podle obr. 110 nelze nastavit zesílení rovné nule. Výstupním napěťovým děličem kombinovaným se zpětnovazebním regulátorem se ovšem může nastavit nulové zesílení. Je k tomu nutné upravit zapojení podle obr. 112 (levá část předzesilovače s řízením zisku). Výstupní napěťový dělič však zmenšuje běžné dosažitelné zesílení asi na polovinu. Proto se musel nalézt při návrhu zapojení kompromis mezi maximálním výstupním napětím, max. zesílením a max. výstupním napětím s ohledem na přípustné zkreslení. Na předzesilovači podle obr. 112 s kompromisně volenými součástkami byly naměřeny tyto technické údaje:

zesílení:  $A = 200$ ,  
výstupní napětí:  $U_{i\max} = 0,5$  V,  
výstupní napětí:  $U_{o\max} = 1,0$  V,  
zkreslení:  $k = 1\%$ .

### Aktivní regulátor výšek a hloubek

Druhý funkční blok obvodu A202D (na obr. 112 střední část) – záznamový zesilovač, je zapojen tak, aby vznikl aktivní regulátor výšek a hloubek. Záznamový zesilovač je v podstatě jednoduchý modifikovaný operační zesilovač s invertujícím a neinvertujícím vstupem. Výstupní stupeň je jednoduchý s pracovním odporem 1,8 kΩ. Protože se u něj nepředpokládá

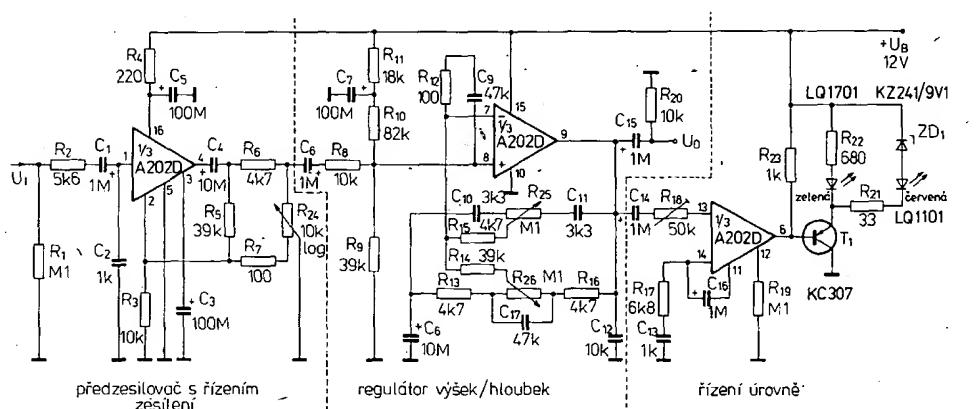
kmitočtová kompenzace, působí běžné zapojení pro regulaci výšek a hloubek značně těžko. Má-li se dosáhnout zesílení rovného 1, nelze bez zvláštních úprav potlačit náhylnost zesilovače ke kmitání. Možnosti kompenzace jsou pouze na výstupu a výstupu zesilovače. Kompenzace na výstupu značně omezuje horní mez kmitočtového rozsahu operačního zesilovače. Kompenzace na výstupu zvětšuje šum zesilovacího stupně. Vhodnou kombinací obou způsobů kompenzace a posunutím pracovního bodu lze nalézt nejpřínivější kompromis. Prokázalo se, že v pracovním bodu podle doporučení výrobce (vývod 09 – napětí  $U_{B/2}$ ) nebylo možno vybudit zesilovač pracující s kapacitní zátěží při vysokých kmitočtech více než na 1 V. Teprve při pracovním bodu posunutém asi na třetinu  $U_B$  bylo možno zesilovač vybudit natolik, aby začalo pracovat oboustranné omezování ( $U_o$  asi 2,5 V). Regulace výšek a hloubek se dosáhlo úpravou zpětnovazebního zapojení (střední část na obr. 112).

### Řízení úrovně

Funkční blok automatického řízení vybuzení obvodu A202D lze upravit jako jednoduchý obvod pro řízení úrovně, kterým lze hodnotit následující stavy vybuzení:

- příliš malou úroveň nebo žádný signál (bez indikace),
- optimální vybuzení (svítí zelená světelná dioda),
- příliš velká úroveň (nebezpečí přebuzeň – svítí červená světelná dioda).

Automatické řízení vybuzení se v podstatě skládá z detektoru úrovně a regulačního Darlingtonova tranzistoru. Detektor úrovně se použije k vyhodnocení amplitudy signálu. Problém zůstává v prahové úrovni detektora, neboť detektor nezpra-



Obr. 112. Úplné zapojení nf předzesilovače s regulací výšek, hloubek a řízení úrovně s obvodem A202D

cuje signály s amplitudou menší než 0,5 V.

Použije-li se ke zmenšení proudu Darlingtonových tranzistorů (vývod 06 je připojen přes rezistor na napájecí napětí  $U_B$ ), nastane se tranzistor v doporučeném zapojení po dosažení prahové hodnoty, což znamená, že rozsah indikace by byl velmi malý. Jestliže se vypustí integrační a paměťový kondenzátor, spíná Darlingtonový tranzistor v taktu amplitudy přivedeného signálu. Teprve při velké úrovni signálu na vývodu 13 se posune pracovní bod natahující, že Darlingtonový tranzistor zůstává trvale v nasyceném stavu. Současně se tím též zvětší relativní prahová úroveň, takže v úvahu přicházející proud Darlingtonova tranzistoru nastavá teprve při amplitudách signálů větších než 0,5 V. Kapacitní vazbou vývodu 11 na vývod 14 sice lze citlivost zvětšit, ale bez změny popsaných spinacích vlastností.

Základní princip řízení úrovně je patrný z pravé části zapojení obr. 112. Přestože výrobce neudává proudovou zatížitelnost Darlingtonova tranzistoru, ze zkušenosí s podobnými konfiguracemi tranzistorů vyplývá zatížení jen několika milijampéry. Proto se musí k obvodu připojit budící diskrétní tranzistor p-n-p, zastávající funkci převodníku proudu na napětí. Ubytek na zatěžovacím odporu působí bezprostředně na emitor tranzistoru p-n-p. Bude-li rozdíl napětí  $U_B - U_{E T_1} \geq 2,5$  V, začne svítit zelená světelná dioda v rytmu signálního napětí. Předřadný odpór slouží jak obvykle k omezení proudu diody na předepsanou velikost. Sériovým zapojením červené svítící diody ze Zenerovou diodou 9 V se dosáhne svitu diody teprve v okamžiku, kdy je Darlingtonový tranzistor plně v nasyceném stavu. Pak je na emitoru tranzistoru p-n-p potenciál země. Sériový odpór i zde slouží k omezení proudu.

Uplně zapojení nf předzesilovače s regulátorem výšek, hlobubek a řízením úrovně je na obr. 112. Pomocí odporu  $R_{18}$  se nastavuje spinací bod řízení úrovně (asi 1 V pro červené svítící diodu). Vstupní nízkofrekvenční propust je navržena tak, aby nepropustila vyšší kmitočty než 20 kHz. Z provozního hlediska je potřebné dobré odstínit vstup zesilovače před nežádoucími vlivy vln polí. Regulátor zesílení má mit logaritmický průběh, čímž se dosáhne rovnorněho nastavování. Dosažené technické údaje nf předzesilovače jsou:

**Napájecí napětí:**  $U_B = 12$  V,  
**spotřeba proudu v klidu:**  $I_{B0} = 18$  mA,  
**zesílení:**  $A = 0$  až 200,  
**vstupní napětí maximální**  
 při zesílení  $A = 2$ :  $U_i = 500$  mV;  
**poměr signálu k šumu**  
 při zesílení  $A = 200$ :  $S/N \geq 60$  dB,  
**zkrácení  $U_O = 1$  V,  $A = 1$  až 200,  $k \leq 1\%$** ,  
**dolní mezní kmitočet ( $-1$  dB):**  $f_d = 30$  Hz,  
**horní mezní kmitočet ( $-1$  dB):**  $f_h = 18$  kHz,  
**vstupní odpór při  $A = 50$ :**  $R_i = 15$  kΩ.

### Rozdílový zesilovač μA733PC

Monolitický integrovaný obvod μA733PC maďarské výroby MEV (Tungsram) je dvoustupňový obrazový zesilovač s rozdílovým vstupem a rozdílovým výstupem, jehož šířka přenášeného pásmá je 120 MHz. Zesílení zesilovače je nastavitelné ve stupních 10, 100 a 400. Vstupní odpór zesilovače je typicky 250 kΩ. Ke

svému provozu nepotřebuje zesilovač vnější kmitočtovou kompenzaci.

Elektrické zapojení zesilovače je na obr. 113, schematické zapojení vývodů pouzdra na obr. 114. K dosažení širokého přenášeného pásmá, malého fázového zkreslení a velmi dobré stability zisku slouží vnitřní sériová zpětná vazba. Emis-

torové sledovače koncového stupně umožňují být kapacitní zátěží. Předpíti všech stupňů dodává proudový zdroj, čímž se dosáhlo velkého poměru potlače – vlivu změny napájecího napětí a vlivu soufázového signálu na zesílení obvodu. Pevně nastavené zesílení zesilovače 10, 100 nebo 400 nevyžaduje žádné vnější

### Elektrické údaje μA733PC

#### Mezní údaje ( $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C)

<b>Napájecí napětí:</b>	$U_B = \pm 8,0$ V.
<b>Vstupní rozdílové napětí:</b>	$U_{ID} = \pm 5,0$ V.
<b>Vstupní napětí:</b>	$U_1 = \pm 6,0$ V.
<b>Výstupní proud:</b>	$I_O = 10$ mA.
<b>Ztrátový výkon celkový:</b>	$P_{tot} = 670$ mW.
<b>Rozsah provozních teplot okolí:</b>	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
<b>Rozsah skladovacích teplot:</b>	$\vartheta_{sig} = -65$ až $+150$ °C.
<b>Teplosta vývodů při pájení (<math>t \leq 10</math> s):</b>	$\vartheta_L = 260$ °C.

### Charakteristické údaje

(platí při  $\vartheta_a = 25$  °C,  $U_B = \pm 6,0$  V, není-li uvedeno jinak)

#### Rozdílové napětí zesílení

- zesílení 1<sup>1)</sup>,
- zesílení 2<sup>2)</sup>,
- zesílení 3<sup>3)</sup>.

- $A_{UD} =$  jmen. 400; 260 až 600,
- $A_{UD} =$  jmen. 100; 80 až 120,
- $A_{UD} =$  jmen. 10; 8 až 12.

#### Šířka pásmá ( $R_G = 50$ Ω)

- zesílení 1:
- zesílení 2:
- zesílení 3:

- $BW = 40$  MHz,
- $BW = 90$  MHz,
- $BW = 120$  MHz.

#### Doba náběhu signálu ( $R_G = 50$ Ω, $U_{OMM} = 1$ V)

- zesílení 1:
- zesílení 2:
- zesílení 3:

- $t_i = 10,5$  ns,
- $t_i =$  jmen. 4,5;  $\leq 12$  ns,
- $t_i = 2,5$  ns.

#### Doba zpoždění signálu ( $R_G = 50$ Ω, $U_{OMM} = 1$ V)

- zesílení 1:
- zesílení 2:
- zesílení 3:

- $t_d = 7,5$  ns,
- $t_d =$  jmen. 6,0;  $\leq 10$  ns,
- $t_d = 3,6$  ns.

#### Vstupní odpór

- zesílení 1:
- zesílení 2:
- zesílení 3:

- $R_{I1} = 4$  kΩ,
- $R_{I2} =$  jmen. 30;  $\geq 10$  kΩ,
- $R_{I3} = 250$  kΩ.

#### Vstupní kapacita – zesílení 2:

#### Vstupní proudová nesymetrie:

#### Vstupní klidový proud:

#### Vstupní šumové napětí

$R_G = 50$  Ω,  $BW = 1$  kHz až 10 MHz:

#### Vstupní napěťový rozsah:

#### Potlačení soufázového signálu

$U_{CM} = \pm 1$  V,  $f \leq 100$  kHz, zesílení 1:

$U_{CM} = \pm 1$  V,  $f = 5$  MHz, zesílení 2:

#### Potlačení vlivu napájecího napětí

$\Delta U_B = \pm 0,5$  V, zesílení 2:

#### Vstupní napěťová nesymetrie

- zesílení 1:
- zesílení 2, 3:

#### Výstupní napětí (společný provoz):

#### Rozkmit výstupního napětí:

#### Výstupní proud:

#### Spotřeba proudu ze zdroje:

#### Výstupní odpór:

Platí při 0 °C:  $\vartheta_a = +70$  °C

#### Rozdílové napěťové zesílení

- zesílení 1<sup>1)</sup>:
- zesílení 2<sup>2)</sup>:
- zesílení 3<sup>3)</sup>:

#### Vstupní odpor – zesílení 2:

#### Vstupní proudová nesymetrie:

#### Vstupní klidový proud:

#### Vstupní napěťový rozsah:

#### Potlačení soufázového signálu

$U_{CM} = \pm 1$  V,  $f \leq 100$  kHz, zesílení 2:

#### Potlačení vlivu napájecího napětí

$\Delta U_B = \pm 0,5$  V, zesílení 2:

#### Výstupní napěťová nesymetrie

- zesílení 1, 2, 3:

#### Rozkmit výstupního napětí:

#### Výstupní proud:

#### Spotřeba proudu ze zdroje:

$CMR \geq 50$  dB.

$SVR \geq 50$  dB.

$U_{O01}, U_{O02}, U_{O03} \leq 1,5$  V.

$U_{O1M} \leq 2,8$  V.

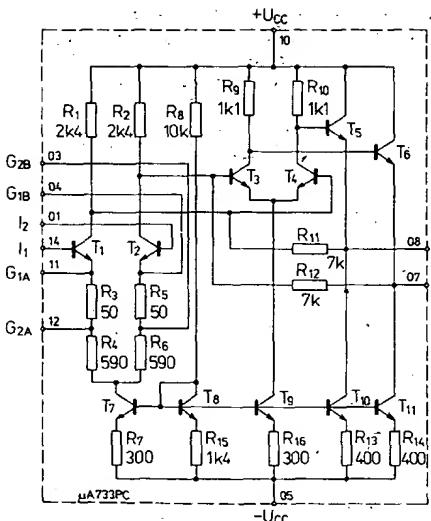
$I_O \geq 2,5$  mA.

$I_B \leq 27$  mA.

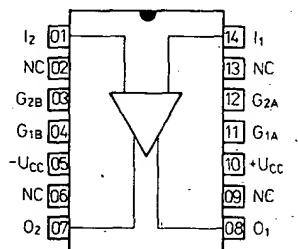
1) Zesílení 1 – vývody  $G_{1A}$  a  $G_{1B}$  navzájem spojeny.

2) Zesílení 2 – vývody  $G_{2A}$  a  $G_{2B}$  navzájem spojeny.

3) Zesílení 3 – všechny vývody pro volbu zesílení nezapojeny.



Obr. 113. Vnitřní elektrické zapojení μA733PC



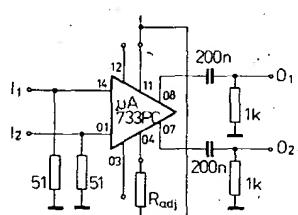
Obr. 114. Zapojení vývodů obvodu μA733PC

součástky. K plynule nastavitelnému zesílení v rozsahu od 10 do 400 je zapotřebí pouze jeden vnější rezistor. Vnější kmitočtová kompenzace není zapotřebí pro použití zesilovače s jakémkoliv zesílením.

Součástka je v plastovém pouzdru DIL-14 s 2x sedmi vývody ve dvou řadách. Vývody: 01 – vstup, 02 – nezapojen, 03 – vstup 2 pro výběr zisku 2B, 04 – vstup 1 pro výběr zisku 1B, 05 – přípoj záporného napájecího napětí, 06 – nezapojen, 07 – výstup 2, 08 – výstup 1, 09 – nezapojen, 10 – přípoj kladného napájecího napětí, 11 – vstup 1 pro výběr zisku 1A, 12 – vstup 1 pro výběr zisku 2A, 13 – nezapojen, 14 – vstup 1.

Zesilovač se napájí ze zdroje dvou napětí  $\pm 6$  V, jeho spotřeba je v provozu velmi malá (průměrně 18 mA). Největšího zesílení (v rozmezí 250 až 600) lze dosáhnout při vzájemném spojení vývodů G<sub>1A</sub> a G<sub>1B</sub> (R<sub>3</sub> je zkratován). Při tomto spojení je však nejmenší šířka přenášeného pásmá (40 MHz). Největší šířka pásmá 120 MHz se dosáhne při provozu obvodu s volnými (nepropojenými) vývody báze G<sub>1A</sub>, G<sub>1B</sub>, G<sub>2A</sub> a G<sub>2B</sub>, přičemž je rozdílový napěťový zisk nejmenší (8 až 12).

Obrazový zesilovač μA733PC je určen k použití v přístrojích a systémech pracujících s magnetickou páskou nebo pruž-



Obr. 115. Širokopásmový zesilovač s nastavitelným ziskem s μA733PC

ným diskem, které využívají fázového dekodéru, dále ve velmi rychlých obvodech s drátovanou pamětí. Vhodný je i pro jiná běžná zapojení obrazových a impulsních zesilovačů, po nichž se požaduje velká šířka přenášeného pásmá, malý fázový posuv a mimořádně velká stabilita zesílení zesilovače.

Návrh zapojení zesilovače s popsaným obvodem μA733PC s nastavením napěťového zisku je na obr. 115. K nastavení zesílení se doporučuje použít stabilní potenciometr (v zapojení označen R<sub>adj</sub>), kterým lze zesílení nastavovat plynule.

### Stabilizátor rychlosti otáčení elektromotorů, UL1901M, UL1901KI, UL1901KII

Integrovaný obvod UL1901M je speciální obvod ke stabilizaci rychlosti otáčení malých stejnosměrých elektromotorů s trvalým magnetem, které se používají hlavně v magnetofonech, gramofonech, filmových kamerách, hračkách a jiných zařízeních, napájených stejnosměrným napětím od 4 do 18 V. Tyto motorky odebírají při plném zatížení proud až 0,2 A a vytvářejí „protieletromotorickou“ sílu až asi 1 V. Integrovaný obvod UL1901M stabilizuje rychlosť otáčení motorku při změnách napájecího napětí, zatížení motorku způsobeném změnou odběru proudu a při změnách teploty okolí. Obvod se vyznačuje pružností při použití motorků s různou charakteristikou, především velkou stabilitou referenčního napětí, malým saturačním napětím, velkým náběhovým proudem a tepelnou ochranou.

Funkční blokové zapojení obvodu UL1901M je na obr. 116. Obvod je v pás-

Funkce jednotlivých vývodů: 01 – přípoj vnějšího potenciometru pro regulaci rychlosti otáčení motorku, 02 – vývod referenčního napětí, 03 – nezapojovat, 04 – invertující vstup zesilovače, 05 – neinvertující vstup zesilovače, 06 – přípoj napájecího napětí +U<sub>cc</sub>, 07 – vývod středu rezistoru R<sub>3</sub> a R<sub>2</sub>, 08 – kolektor vnitřního výkonového tranzistoru, 09 – emitor vnitřního výkonového tranzistoru, 10 – vývod středu rezistoru R<sub>1</sub> a R<sub>2</sub>, 11 – vývod se používá pro okamžité zastavení motorku (pomoci spináče), 12 – tepelná ochrana, 13 – přípoj vnějšího potenciometru pro regulaci rychlosti otáčení motorku, 14 – vývod referenčního napětí.

Blokové zapojení obvodu UL1901M, které je přehlednější, je na obr. 117. Lze z něj posoudit funkci obvodu jako regulátoru rychlosti otáčení elektromotoru s vnitřním odporem R<sub>M</sub>, který současně vytváří „protieletromotorickou sílu“ E při daných otáčkách N za sekundu. Jako snímač proudu protékajícího elektromotorem slouží odpor R<sub>P</sub>, zapojený v sérii s elektromotorem M (obr. 118).

Předpokládejme tyto vstupní podmínky:

a) „Protieletromotorická síla“ E motorku je úměrná rychlosti otáčení (počtu otáček N)

$E = aN$ ,  
kde a je konstanta. Odhad plyně, že udržení stálé rychlosti otáčení závisí přímo úměrně na udržení stejně „protieletromotorické síly“ E motorku.

b) Napětí na motorku je

$U_M = E + R_M I_M$ ,  
kde  $R_M$  je především odpor vinutí motorku a odpor styku kolektoru. Je-li E konstanta,  $R_M$  konstanta, musí se napětí  $U_M$  měnit lineárně se změnou proudu  $I_M$ , který proběhá elektromotorem.

c) Zanedbáme vstupní klidový proud a napěťovou nesymetrii operačního zesilovače. Zesílení operačního zesilovače s otevřenou smyčkou zpětné vazby je velmi velké. Vezmeme-li v úvahu všechny výše uvedené předpoklady, můžeme stanovit, že součinitele K<sub>1</sub> podél napětí, K<sub>2</sub> podél referenčního napětí U<sub>REF</sub> jsou určeny nezávisle dleličí. Pro napětí U<sub>1</sub> jsou příslušné rezistory dleliče R<sub>21</sub>, R<sub>22</sub>, R<sub>23</sub>, pro napětí U<sub>REF</sub> rezistory R<sub>9</sub>, R<sub>12</sub>, R<sub>11</sub> + R<sub>13</sub> R<sub>P</sub>.

Shodně s označením na obr. 118 platí následující vztahy regulačního obvodu

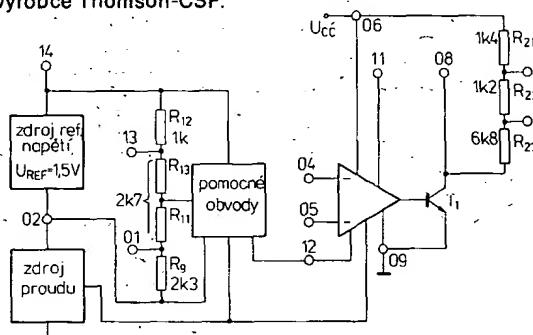
$$\begin{aligned} U_1 &= K_1 U_1, \\ U_2 &= K_2 U_{REF} + I + I_M R_P, \\ U_1 &= (I + I_M) R_P + I_M R_M + E, \end{aligned}$$

odtud platí

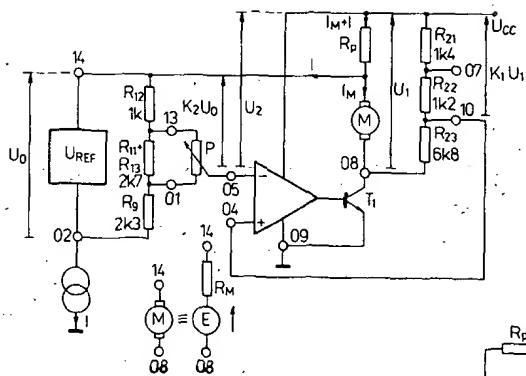
$$K_1 U_1 = K_2 U_{REF} + (I + I_M) R_P,$$

$$E = \frac{K_2}{K_1} U_{REF} + \frac{R_P}{K_1} (I + I_M) - (I + I_M) R_P - I_M R_M,$$

$$E = \frac{K_2}{K_1} U_{REF} + I_M [R_P (\frac{1}{K_1} - 1) - R_M] + \frac{1}{R_P} (I + I_M) R_P - I_M R_M. \quad (1)$$



Obr. 117. Zjednodušené blokové zapojení obvodu UL1901M



Obr. 118. Zjednodušené zapojení obvodu UL1901M, které znázorňuje funkci regulátoru rychlosti otáčení motorku

Jak je patrné ze vztahu (1), aby  $E$  nezáviselo na  $I_M$ , musí být

$$R_p \left( \frac{1}{K_1} - 1 \right) = R_M, \\ R_p = R_M \frac{K_1}{1 - K_1} \quad (2).$$

a proto bude

$$E = \frac{K_2}{K_1} U_{REF} + I_R p \left( \frac{1}{K_1} - 1 \right) \quad (3).$$

Protože druhý ze sčítanců ve vztahu (3) je v praktických zapojeních velmi malý, lze jej vynechat a vztah zkrátit na

$$E = \frac{K_2}{K_1} U_{REF} \quad (4).$$

Pro výše uvedené vztahy platí:

1. Protože  $K_1$  je konstanta (délka  $R_{21}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{23}$ ), závisí  $R_p$  pouze na  $R_M$ . Volíme jej podle vztahu (2). Odpor  $R_M$  je však silně závislý na teplotě (měděný drát vinutí motoru), proto  $R_p$  je třeba vyrábít rovněž z měděného drátu. Tím se dosáhne shodného průběhu změny odporu  $R_M$  a  $R_p$  při změnách teploty. Vinutí  $R_p$  má být ve tvaru tlumivky, která navíc filtruje rušení způsobené elektromotorkem.

2. Plynulou nebo skokovou změnou  $K_2$  lze ustálit požadovanou rychlosť otáčení elektromotorku  $N$  (vztah (4)).

3. Odpor  $R_p$  je třeba volit pokud možno malý, aby úbytek na něm byl rovněž malý. Odtud (vztah (2)) má být  $K_1$  malé. V zapojení s obvodem UL1901M se doporučuje použít těchto  $R_p$ :

Potenciometr $P$ připojen mezi	$E$ [V]	Vypočtený $R_p$ [ $\Omega$ ]
vývody 2 a 14	0,5 až 5,4	$R_M / 2,7$
vývody 1 a 13	1 až 3	$R_M / 6^*$

\* Údaj pro  $R_p$  platí při zkratovaném rezistoru  $R_{21}$ .

4. Minimální napájecí napětí je nutno odhadnout ze vztahu

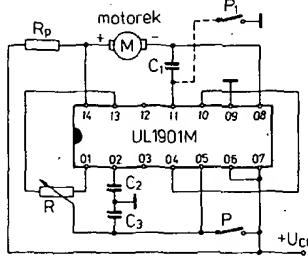
$$3,8 \leq U_{CC \min} = I_M (R_p + R_M) + E + U_{CE \text{ sat } T_1}$$

#### Doporučená zapojení

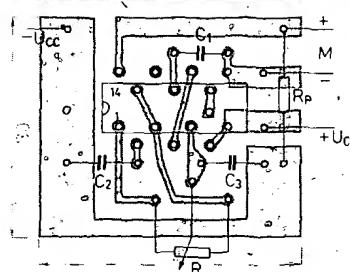
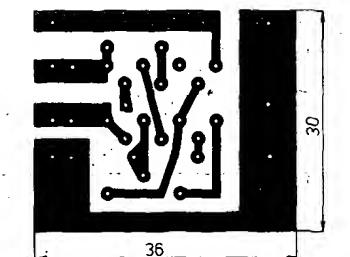
Zapojení integrovaného obvodu UL1901M ke stabilizaci rychlosti otáčení elektromotorku typu E3208N je v praxi prověřeno v kazetovém magnetofonu MK122 výrobce Unitra. Elektrické zapojení celého stabilizačního obvodu je na obr. 119, deska s plošnými spoji s rozmištěním součástek na obr. 120.

Funkce jednotlivých součástek zapojení:

$C_1$  – zamezuje nežádoucímu kmitání při otevřené smyčce zpětné vazby,



Obr. 119. Praktické zapojení obvodu UL1901M pro regulaci rychlosti otáčení motorku M v kazetovém magnetofonu



Obr. 120. Návrh desky s plošnými spoji a rozložení součástek regulačního obvodu UL1901M pro regulaci rychlosti otáčení elektromotorku M v kazetovém magnetofonu podle obr. 119 (deska U223)

#### Elektrické údaje UL1901M, UL1901KI, UL1901KII

##### Mezní údaje ( $\theta_a = +25^\circ C$ )

Napájecí napětí:

$$U_{CC} = 3,8 \text{ až } 18 \text{ V.}$$

Výstupní proud:

$$I_O = 1,8 \text{ A.}$$

Ztrátový-výkon celkový

$$P_{tot} = 1000 \text{ mW},$$

$$P_{tot} = 600 \text{ mW},$$

$$P_{tot} = 1500 \text{ mW};$$

$$P_{tot} = 560 \text{ mW},$$

$$P_{tot} = 300 \text{ mW},$$

$$P_{tot} = 700 \text{ mW.}$$

$$R_{thja} = 90 \text{ K/W.}$$

$$R_{thje} = 40 \text{ K/W.}$$

$$\theta_a = -25 \text{ až } +70^\circ C.$$

$$\theta_{stg} = -40 \text{ až } +125^\circ C.$$

##### Charakteristické údaje ( $\theta_a = +25^\circ C$ )

Napájecí napětí:

$$U_{CC} = 3,8 \text{ až } 18 \text{ V.}$$

Referenční napětí:

$$U_{REF 14/2} = \text{jmen. } 1,5; 1,35 \text{ až } 1,65 \text{ V.}$$

$$U_{REF 14/2} = \text{jmen. } 1,35; 1,2 \text{ až } 1,65 \text{ V.}$$

$$U_{REF 14/2} = \text{jmen. } 1,35; 1,2 \text{ až } 1,5 \text{ V.}$$

Proud odebíraný regulačním:

$$I_{CC} = 6 + \frac{I_O}{80}.$$

Teplotní součinitel referenčního napětí:

$$U_{CC} = 9 \text{ V}, \theta_a = 0^\circ C \text{ až } +70^\circ C$$

$$UL1901M:$$

$$\frac{\Delta U_{ref}}{\Delta \theta_a} = \text{jmen. } -0,3; -0,7 \text{ až } +0,2 \text{ mV/K.}$$

$$UL1901KI:$$

$$0,2 \text{ mV/K.}$$

$$UL1901KII:$$

$$\text{jmen. } -0,1; -0,5 \text{ až } +0,2 \text{ mV/K.}$$

Změna referenčního napětí při změně napájecího napětí

$$U_{CC} = 6 \text{ V na } 15 \text{ V, UL1901M, UL1901KII:}$$

$$U_{REF} = \text{jmen. } 0; -3 \text{ až } +3 \text{ mV.}$$

$$U_{CC} = 4 \text{ V na } 18 \text{ V: } U_{REF} = \text{jmen. } 0; -5 \text{ až } +5 \text{ mV,}$$

$$U_{REF} = \text{jmen. } 0; -15 \text{ až } +15 \text{ mV.}$$

Vstupní klidový proud

$$I_B = 4 \mu\text{A.}$$

Saturační napětí výstupního tranzistoru

při proudu motorku,

$$U_{CE 8/9 \text{ sat}} = 0,15 \text{ V.}$$

$$I_O = 0,2 \text{ A; } U_{CE 8/9 \text{ sat}} = 1 \text{ V.}$$

$$I_O = 0,8 \text{ A; } U_{CE 8/9 \text{ sat}} = 1 \text{ V.}$$

Výstupní proud v době rozžebu motoru

$$U_{CC} = 3,8 \text{ V, } R_M = 10 \Omega: \quad I_O \geq 0,3 \text{ A.}$$

$$I_O = \text{jmen. } 0,8; \geq 0,7 \text{ A.}$$

Závislost změny rychlosti otáčení na změně napájecího napětí

$$\Delta \omega = \pm 33\% \text{, } I_O = 50 \text{ mA: } \frac{\Delta \omega}{\omega} = \pm 0,3\%.$$

Závislost změny rychlosti otáčení na změně zatěžovacího proudu

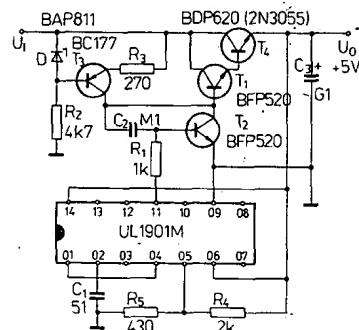
$$I_O = 100 \text{ mA na } 200 \text{ mA: } \frac{\Delta \omega}{\Delta I_O} = 0,6\%.$$

- $C_2$  – zamezuje kmitání obvodu zdroje referenčního napětí,  
 $C_3$  – zamezuje kmitání obvodu s uzavřenou smyčkou zpětné vazby,  
 $P$  – lineární potenciometr slouží k nastavení požadované rychlosti otáčení elektromotoru (nastavení součinitele  $K_2$  ve vztahu (4)),  
 $R_p$  – rezistor navinutý z měděného drátu o  $\varnothing 0,1$  mm; kompenzuje vliv proudu elektromotoru  $I_M$  na rychlosť otáčení  $N$  (volba podle vztahu (2)),  
 $S$  – spínač STOP slouží k zastavení motorku; po sepnutí spínače se připojí napájecí napětí  $U_{CC}$  na invertující vstup operačního zesilovače, což způsobí regulačního tranzistoru  $T_1$  a zastaví se motorek. Motorek lze nastavit rovněž připojením vývodu 11 integrovaného obvodu na zemní potenciál (v obr. 119 naznačeno čárkovaně).

V krajních polohách běžce potenciometru  $P$  má při napájecím napětí  $U_{CC} = 8$  V a proudu  $I_M = 50$  mA motorek tuto největší a nejmenší rychlosť otáčení  $N_{max} = 55,56$  ot/s = 3333 ot/min.,  $N_{min} = 21,19$  ot/s = 1271 ot/min.

Stabilizační obvod spolehlivě pracuje v rozsahu napájecího napětí  $U_{CC}$  od 5,0 do 18 V při proudu elektromotoru  $I_M = 100$  mA. Zmenšením proudu  $I_M$  se sníží dolní hranice napájecího napětí  $U_{CC}$ .

Operační zesilovač a zdroj referenčního napětí, integrovaného v obvodu UL1901M, se mohou samostatně využít při návrhu a konstrukci stabilizátoru napětí. Na obr. 121 je stabilizátor napětí



obr. 121. Stabilizátor napětí 5 V/2 A s obvodem UL1901M

s výstupním napětím 5 V, určený pro napájení logických integrovaných obvodů TTL řady MH74, UCY74 či SN74.

#### Technické údaje stabilizátoru:

Výstupní napětí:  $U_o = 5$  V.

Výstupní proud:  $I_o = 2$  A.

Změna výstupního napětí  $U_o$  při změně vstupního napětí  $U_i$  v rozsahu napětí 6,6 V až 26,6 V:  $\Delta U_o \leq 0,1$  mV.

Teplotní součinitel výstupního napětí  $16^{\circ}\text{C} \leq \theta_a \leq 46^{\circ}\text{C}$ :  $\Delta U_o / \Delta \theta_a \leq 0,7$  mV/K.

Funkce některých vnějších součástek stabilizátoru:

$C_1$  – potlačuje kmitání obvodu zdroje referenčního napětí,

$C_2$  – potlačuje případné nežádoucí kmitání stabilizátoru.

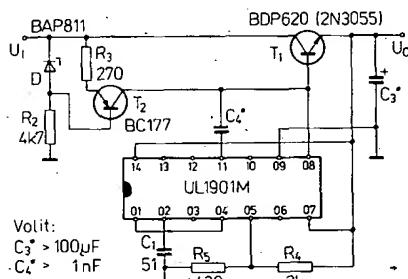
Obvod stabilizátoru může pracovat s několikrát většími výstupními proudy, zvětší-li se rozměry chladiče tranzistoru  $T_1$  na potřebný rozměr.

Výstupní napětí stabilizátoru lze plynule regulovat, připojí-li se potenciometr mezi vývody 01 a 13 integrovaného obvodu UL1901M, běžec na vývod 04, místo

pevného děliče  $R_4, R_5$  se použije potenciometr s běžcem, připojený k vývodu 05.

Stabilizační obvod byl navržen tak, aby regulační tranzistor integrovaného obvodu UL1901M byl uzavřen. Vhodnou volbou lze pak dosáhnout výstupního napětí stabilizátoru v mezech 3,8 až 18 V.

Pro přesné vymezené zatěžovací proudy lze využít tranzistorů uvnitř integrovaného obvodu k řízení sériového tranzistoru BDP620 stabilizátoru napětí. Návrh zapojení je na obr. 122. Nevyhodou tohoto



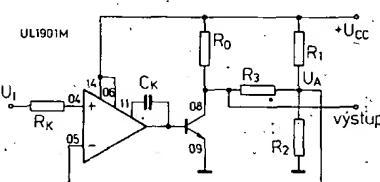
obr. 122. Modifikované zapojení stabilizátoru napětí podle obr. 121 s obvodem UL1901M

zapojení je možnost snadného rozkmitání, které však lze potlačit vhodnou volbou kapacity kondenzátorů  $C_4$  a  $C_5$ .

Integrovaný obvod UL1901M je, jak víme, v podstatě určen ke stabilizaci rychlosti otáčení motorků. Protože základní řídící obvod zpravidla nevyužívá přímé tachometrické záporné vazby, vznikla různá jiná zajímavá použití obvodu v lineární obvodové technice. Především se využívá rozdílového zesilovače s asymetrickým výkonovým stupněm a zdroje referenčního napětí. Pomocí těchto funkčních bloků lze realizovat zajímavá impulsní zapojení. S ohledem na dosti komplikovanou vnitřní strukturu obvodu vyžadují zapojení jen několik vnějších součástek, což zaručuje jednoduchost konstrukce a velkou spolehlivost provozu. Poměrně malé napájecí napětí předurčuje tato zapojení jak pro průmyslové účely, tak přístroje s bateriovým napájením, v autoelektronice apod.

#### Napěťový komparátor

Základní zapojení napěťového komparátoru je na obr. 123. Pro malá vstupní

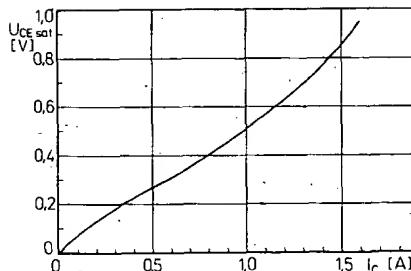


obr. 123. Návrh zapojení napěťového komparátoru s UL1901M

napětí, menší než  $U_{A1}$ , kde je dáné napětí v bodě A

$$U_{A1} = \frac{U_{CC} R_2}{R_1 (R_3 + R_0)} \quad (5)$$

je výstupní tranzistor odpojen, což je příčinou vzniku velkého napětí na výstupu, které se prakticky rovná  $U_{CC}$  (za předpokladu, že  $R_0 \ll R_1, R_2, R_3$ ). Bude-li výstupní napětí větší než  $U_{A1}$ , přejde tranzistor do stavu nasycení, což způsobí



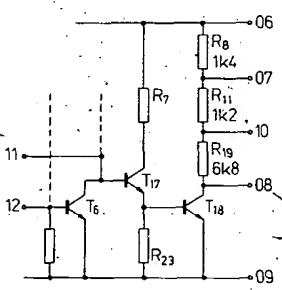
Obr. 124. Závislost saturacího napětí  $U_{CE\ sat}$  na proudu-kolektoru výstupního tranzistoru obvodu UL1901M

změnu napětí v bodě A na velikost  $U_{A2}$ . To je pak dánno

$$U_{A2} = \frac{U_{CC} R_2 R_3 + U_{CE\ sat} R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3} \quad (6)$$

Ve většině případů lze ve vzorci (6) stanovit konstantu z  $U_{CE\ sat}$ , nemusí-li toto napětí být větší. Typická závislost průběhu  $U_{CE\ sat} = f(I_C)$  je na obr. 124.

Rezistory  $R_1$  a  $R_2$  na obr. 123 jsou součástí integrovaného obvodu, což dále omezuje potřebu vnějších součástek na pouhé tři. Zapojení koncového stupně integrovaného obvodu UL1901M je na obr. 125. Vhodným využitím vývodů 06,



Obr. 125. Zjednodušené zapojení výstupního stupně obvodu UL1901M

07, 08, 10 lze získat různé hodnoty hysterézisního napětí komparátoru.

K útlumu parazitních oscilací slouží kmitočtový kompenzační obvod. Kapacita jeho kondenzátoru  $C_k$  se musí volit v rozsahu několika pF s ohledem na případnou výstupní reaktanci.

V popisovaném zapojení lze stanovit rozsah výstupního napětí vynucením průtoku proudu do vývodu 11 nebo 12. Proud  $I_{12} = 0,2$  mA způsobuje odpojení výstupního tranzistoru  $T_{18}$ , proud  $I_{11} = 3$  mA zajišťuje stav nasycení tohoto tranzistoru. Základními přednostmi komparátoru jsou:

- velký výstupní výkon,
- malý počet potřebných vnějších součástek,
- poměrně velká pracovní rychlosť (max. 300 kHz),
- možnost hodinového řízení.

Mezi nevýhody komparátoru lze uvést nutnost poměrně velkých vstupních napětí (2 až 7 V), velký předpěťový proud (max. 4  $\mu$ A), který naruší důslednou volbu  $R_k$ .

#### Generátor pravoúhlých impulsů

Na podkladě zapojení na obr. 123 lze konstruovat generátor pravoúhlých im-



## SROVNÁVACÍ TABULKA INTEGROVANÝCH OBVODŮ

POZORÍ

**Nezapomeňte, že se blíží uzávěrka konkursu AR-ČSVTS a přihlašte včas své konstrukce do soutěže.**

**Podmínky konkursu byly otištěny v AR A2/86 a v AR B2/86.**

Typ	Výrobce	TESLA	RFT NDR	Tungsram	Unitra cemi PLR	IPRS RSR	SSSR	BLR
TBA790X	Thomson-CSF				UL1490N, UL1495N			
TBA790KC	Thomson-CSF				~UL1496R	TBA790K		
TBA790LA	Thomson-CSF				UL1496K	TBA790K		
TBA790LB	Thomson-CSF				~UL1497R			
TBA790LC	Thomson-CSF				UL1497K			
TBA800	SGS-Ates			TBA800	~UL1498R		K174YH7	
TBA800A	SGS-Ates	MBA810	A205D	TBA800A	UL1498K			
TBA810	SGS-Ates	MBA810A			UL1498P		K174YH7	
TBA810A	SGS-Ates	MBA810S	A210D	TBA810S	ULA6481P <sup>2)</sup>			
TBA810S	SGS-Ates	MBA810AS	A210E	TBA810AS	UL1481T		K174YH7	
TBA810AS	SGS-Ates	MBA810DS		TBA810DS	ULA6481T <sup>2)</sup>			
TBA810DS	SGS-Ates	MBA810DS		TBA810DAS	UL1482K			
TBA810DAS	SGS-Ates	MBA810DAS		TBA820				
TBA820	Thomson	MBA915			UL1440T			
TBA915	Philips				UL1413G			
TCA150	Thomson					TCA150T	K174YH9	
TCA940	SGS-Ates							
TDA2003	SGS							
TDA2005	SGS-Ates							
TDA2010	SGS-Ates	MDA2010	A2005V					
TDA2020	SGS-Ates	MDA2020						
TDA2030H	SGS-Ates	A2030H						
TDA2030V	SGS-Ates	A2030V						
TDA4925	SGS-Ates	A2000V						

PŘEDZESILOVAČE, PŘEHŘÁVACÍ A NAHRÁVACÍ ZESILOVAČE

LA3101	Sanyo				UL1321N		K548YH1	
LM318	NS						K538YH1	
LM1818	NS							
NE542	Siliconix							
SL891	Plessey						K1YC891	
TBA880	Philips							
TDA1002A	Siemens							
TDA1054	SGS							
TDA2054	SGS							
WC501G				B331G	UL1354N UL1355N			

OBVODY PŘIJIMAČŮ

SO42P	Siemens				UL1042N		174ΠC1, Φ174ΠC1	
TBA570	Thomson				UL1203N			
TCA440	Siemens				UL1204N			
TDA1046	Siemens							
TDA1083	Telefunken			TDA1190				
TDA1190	Fairchild				UL1220N			
TDA1220A	SGS				UL1219N			
TDA1220B	SGS							
μA720	Fairchild			μA720PC				
μA721	Fairchild			μA721PC				

OBVODY PRO TELEVIZNÍ PŘIJIMAČE

TBA920	Philips			TBA920			K174AΦ1	
TBA920S	Philips			TBA920S			K174AΦ2	TBA940
TBA940	Intermetall				UL1261N UL1261NA <sup>11)</sup>	TBA940	K174AΦ2	TBA940
TBA940	Intermetall				UL1262N UL1262NA <sup>11)</sup>	TBA950		TBA950
TBA950	Intermetall			TBA950				
TBA950	Intermetall							
TBA970	Siemens			TBA970			K174AYΠ1	
TBA990	Mullard			TBA990				
TDA1035	Philips			TDA1035				
TDA1044	Intermetall			TDA1044				
TDA1044F	Intermetall			TDA1044F				
TDA1170	SGS	MDA1044	A250D	TDA1170S		TDA1170S	K174ΓΠ1	TDA1170
TDA1170S	SGS	MDA1044F	A270D	TDA1170SH				
TDA1170SH	SGS			TDA1190				
TDA1190				TDA2530				
TDA2530	Siemens						K174AΦ5	
TDA2532	Siemens							
TDA2591	Siemens							
TDA2593	Philips-Valvo						K174XA11	
TDA9503				A232D				
				A255D	TDA9503			

Typ	Výrobce	TESLA	RFT-NDR	Tungsram PLR	Unitra Cemi	IPRS RSR	SSR	BLR
<b>MEZIFREKVENČNÍ ZESILOVAČE</b>								
CA3011	RCA				UL1201N			
CA3042	RCA				UL1241N			
LA1201	Sanyo				UL1211N			
LA1221	Sanyo				UL1202N			
LA1230	Sanyo				UL1200N			
MC1352	Motorola				UL1221N			
MC1353	Motorola				UL1231N			
TA4661	SGS-Ates	MAA661	A281D	-TAA691		TAA661		
TAA691	SGS-Ates							
TAA981	Siemens						~526YP1	
TBA120	Telefunken							
TBA120AS	Telefunken							
TBA120S	Telefunken							
TBA120T	Telefunken							
TBA120U	Siemens							
TBA690	Philips							
TBA700	Philips							
TCA770A	Telefunken	MCA770A	A240D	TDA440			K174YP2A, 5	
TDA440	Thomson		A225D			TDA440		
TDA1046	Siemens		A241D		UL1200N	TDA1046	174XA5	
TDA1047	SGS							
TDA1200								
TDA2541								
μA3065	Fairchild			μA3065PC				
μA3089	Fairchild			μA3089PC				
<b>DEKODÉRY ZVUKU A OBRAZU</b>								
LA3301	Sanyo				UL1601N			
LA3310	Sanyo				UL1611N			
MC1309	Motorola				UL1609N			
MC1310P	Motorola							
TBA520	Telefunken		A290D					
TBA530	Philips	MBA530	~A231D			TBA530	K174YP4	
TBA540	Philips	MBA540				TBA540		
TBA560	Telefunken							
TCA640	Philips	MCA640				TCA640	K174XA9	
TCA640 (1/2)	Philips					TCA650	K174XA1	
TCA650	Philips	MCA650				TCA660	K174XA8	
TCA660	Philips	MCA660					K174YK1	
TCA4500A	Motorola							
TDA3501	Philips							
TDA3505	Philips	MDA3505	A3501D					
TDA3510	Philips	MDA3510	A3510D					
TDA3520	Philips	MDA3520	A3520D					
TDA3530	Philips							
TDA3560	Philips							
TDA4510	Philips							
μA758	Fairchild			TDA3560				
μA767	Fairchild			μA758PC				
<b>ZESILOVAČE UNIVERSÁLNÍ, ROZDÍLOVÉ, MODULÁTORY, DEMODULÁTORY</b>								
CA3000	RCA	MA3000					K1YT221	
CA3005	RCA	MA3005					K1YT771	
CA3006	RCA	MA3006						
CA3046	RCA				UL1111N ULA6111N <sup>3)</sup>			
CA3048								
CA3054	RCA						~K1YC741	
CA3054	RCA							
CA3054	RCA							
E6022	Marconi Microelectronic							
LM381	NS							
MC101	Motorola							
SN5500	TI							
SN72318	Texas I.							
TAA970								
TAB101	Philips		B308D					
TCA730A	Mullard							
TCA740A	Mullard							
TDA1028	Thomson							
TDA1029	Thomson							
TDA1670M	SGS	MDA1670V*)						
TDA2054T	SGS	MDA2054-						
TDA4281	Siemens	MDA4281V*)						
TDA4290	Siemens	MDA4290V*)						
TDA7770	SGS	MDA7700						

Typ	Výrobce	TESLA	RFT NDR	Tungsram	Unitra Cemi PLR	IPRS RSR	SSSR	BLR
μA726 μA733 μA796 μA3054 2A-30	Fairchild Fairchild Fairchild Fairchild Ferranti			μA733PC μA796PC		βA726 βA3054	K516YΠ1 K1YC222	
<b>TRANZISTOROVÁ POLE</b>								
TPQ2222, TPQ2221, TPQ3724 TPQ3725 Q2T2222				B360D, E, K B380D, E, K B315D, E, K				
<b>ŘÍDICÍ OBVODY</b>								
LB8021 SAS560S SAS570S SAS580 SAS590 SAS600 SAS6700 SN28654N TCA720 TDA1060 TDA2640 U257U U267B UAA170 UAA180	Sanyo Siemens Siemens Siemens Siemens Telefunken Telefunken Texas I. Intermetall Philips Mullard Telefunken Telefunken Siemens Siemens			B654D B260D A277D	SAS560S SAS570S SAS6600 SAS6700	UL1121N UL1958N UL1959N UL1520L UL1540L UL1975N UL1976N UL1970N UL1980N		
<b>RŮZNÉ OBVODY</b>								
CI-1 LM555CN LM556CN	Crystalonics Signetics Signetics		B555D B556D	μA555PC μA556PC, μA556PCE <sup>2)</sup>			K1KT621	
MC1524 MEM550 MEM2009 MM452 MX52D	Motorola GI GI NS AM. Microsystem	MH2009					~K1YC731 ~K1KΦ681 ~K1KT901 ~K1KΦ682 ~K1KT901, ~K1KT903 K174XA12	
NE561F SAJ110 SAS261 SAS261S4 SN75614 TCA205	Signetics ITT Siemens Siemens TI Siemens		B462G B461G		UL1811N		K1KT011	
TCA205A TCA345A TDB055 TL500CN TL501CN TL502CN TMS6003 2N4042 2N4045	Siemens Siemens Thomson-CSF Texas I Texas I Texas I Texas I Union Carbide		B305D, B306D A301D, V A302D			UL7855N		K1KT902 K1HT591

\*) Odlišné pouzdro

<sup>4)</sup>  $\theta_a = -40 \text{ až } +100^\circ \text{ C}$ <sup>21)</sup>  $U_Z = 30 \text{ až } 32 \text{ V}$ <sup>1)</sup>  $\theta_a = -25 \text{ až } +85^\circ \text{ C}$ <sup>5)</sup> $\theta_a = -40 \text{ až } +125^\circ \text{ C}$ <sup>10)</sup> V plastovém pouzdro<sup>22)</sup> $U_Z = 32 \text{ až } 34 \text{ V}$ <sup>2)</sup>  $\theta_a = -40 \text{ až } +80^\circ \text{ C}$ <sup>23)</sup> $U_Z = 33 \text{ až } 36 \text{ V}$ <sup>11)</sup> Větší  $P_{tot max}$ 

## INZERCE



Inzerci přijímá osobně a poštou Vydavatelství Naše vojsko, inzertní oddělení (inzercie AR), Vladislavova 26, 113 66 Praha

1, tel. 26 06 51-9, linka 295. Uzávěrka tohoto čísla byla dne 24. 3. 1986, do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát. Neopomňte uvést prodejní cenu, jinak inzerát neuveřejníme. Text inzerátu pište čitelně, aby se předešlo chybám vznikajícím z nečitelnosti předloh.

220 V/2-20 V/8 A (odb. po 2 V) (à 50). Prosvětl. tlačít. (à 7). Přepínač 3 × 12 poloh, proud 3 A (à 60). Kond. lad. vzd. 4 × 100 pF (à 20). J. Vaněk, Příčná 7, 110 00 Praha 1.

## KOUPE

Ker. filtr, TDA1028, BF245. B. Chuděj, nám. V. I. Lenina 997/7, 277 11 Něratovice.

## RŮZNÉ

Kdo zhotoví kvalitní tuner pro všechna pásmá KV, SV, DV s jejich elektronick. volbou lad. varikap? A. Vašák, Břez. sady 3, 586 01 Jihlava.

## PRODEJ

Studiový mgf SJ-102 19/38 celostopý (4800). Zajdl M., 110 00 Praha 1, Pařížská 12, tel. 23 15 401.

Trafa: 220 V/10-24 V/9-5 A (a 150), od-dělovací: 120-220/120-220/300 W (200),